



TUGAS AKHIR – RC091501

**ANALISA PERBANDINGAN BIAYA & WAKTU
BANGUNAN KONSTRUKSI BAJA *SISTEM PRE-
ENGINEERING BUILDING* DAN *SISTEM
KONVENSIIONAL* PADA PROYEK PABRIK FIBER
CEMENT BOARDS - MOJOSARI**

RAHMAT KURNIAWAN EKA PUTRA

NRP 3112 106 052

Dosen Pembimbing

CAHYONO BINTANG NURCAHYO ST., MT.

YUSRONIYA EKA PUTRI R.W. ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



FINAL PROJECT – RC091501

**COMPARATION ANALYSIS IN COST & TIME OF THE
STEEL BUILDING CONSTRUCTION USING *PRE-
ENGINEERING BUILDING SYSTEM* AND *CONVENTIONAL
SYSTEM* IN FIBER CEMENT BOARDS FACTORY
PROJECT - MOJOSARI**

RAHMAT KURNIAWAN EKA PUTRA

NRP 3112 106 052

Lecturer

CAHYONO BINTANG NURCAHYO ST., MT.
YUSRONIYA EKA PUTRI R.W. ST., MT

CIVIL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERBANDINGAN BIAYA & WAKTU BANGUNAN KONSTRUKSI BAJA MENGGUNAKAN SISTEM PRE-ENGINEERING BUILDING DAN SISTEM KONVENSIIONAL PADA PROYEK PABRIK FIBER CEMENT BOARDS - MOJOSARI

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Manajemen Konstruksi
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RAHMAT KURNIAWAN EKA PUTRA
NRP. 3112 106 052

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Cahyono Bintang N., ST., MT.

NIP: 198207312008121002

Yusroniya Eka P., ST., MT.

NIP: 198408282005122004



SURABAYA
JANUARI, 2015

**ANALISA PERBANDINGAN BIAYA & WAKTU
BANGUNAN KONSTRUKSI BAJA MENGGUNAKAN
SISTEM PRE-ENGINEERING BUILDING DAN SISTEM
KONVENSIIONAL PADA PROYEK *PABRIK FIBER
CEMENT BOARDS - MOJOSARI***

Nama Mahasiswa : Rahmat Kurniawan Eka Putra
NRP : 3112106052
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Konsultasi : 1. Cahyono Bintang Nurcahyo ST., MT.
2. Yusroniya Eka Putri R.W., ST. MT.

ABSTRAK

Bangunan *konstruksi baja* pada umumnya menggunakan sistem *konvensional* dengan elemen utama adalah hot rolled wf standar yang biasa kita jumpai dipasaran yang lebih berat dari non prismatic yang kemudian dilakukan fabrikasi dilapangan. Metode ini sudah banyak diterapkan dalam pelaksanaan *konstruksi baja*. Seiring berkembangnya teknologi dan inovasi dibidang konstruksi terdapat alternatif metode konstruksi lain yang dikembangkan untuk menghasilkan konstruksi baja yang lebih murah, implementasi yang efisien dan cepat dengan meminimal resiko kesalahan (akurasi), serta menghasilkan metode erection yang dilakukan secara bertahap, relatif mudah dan cepat. Metode yang dapat diterapkan ini yaitu dinamakan dengan metode *konstruksi baja pre-engineering building*.

Tujuan untuk melakukan perbandingan metode *konstruksi baja konvensional* dan *pre-engineering building* dari aspek biaya dan waktu. Proyek yang dijadikan objek penelitian adalah Pembangunan *Pabrik Fibre Cement Board Mojosari*. Masing-masing metode akan dihitung biaya dan waktu pelaksanaan berdasarkan pelaksanaan teknis metode tersebut. Dari hasil perbandingan akan didapat biaya dan waktu yang diperlukan untuk metode *konvensional* dan *pre-engineering building*.

Dari analisa perhitungan biaya dan waktu pada proyek pembangunan pabrik fibre cement boards didapat hasil untuk pekerjaan bangunan konstruksi baja dengan *sistem pre-engineering building* dengan biaya sebesar Rp. 1.674.677.166,65 dalam waktu 40 hari dan *sistem konvensional* dengan biaya sebesar Rp. 2.269.651.094,- dalam waktu 78 hari.

Kata kunci : *konstruksi baja, pre-engineering building, konvensional*

COMPARATION ANALYSIS IN COST & TIME OF THE STEEL BUILDING CONSTRUCTION USING PRE- ENGINEERING BUILDING AND CONVENTIONAL SYSTEM IN *FIBER CEMENT BOARDS* FACTORY PROJECT - MOJOSARI

Student Name : Rahmat Kurniawan Eka Putra
Register Number : 3112106052
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : 1. Cahyono Bintang N. ST. MT.
: 2. Yusroniya Eka Putri R.W. ST. MT.

Abstract

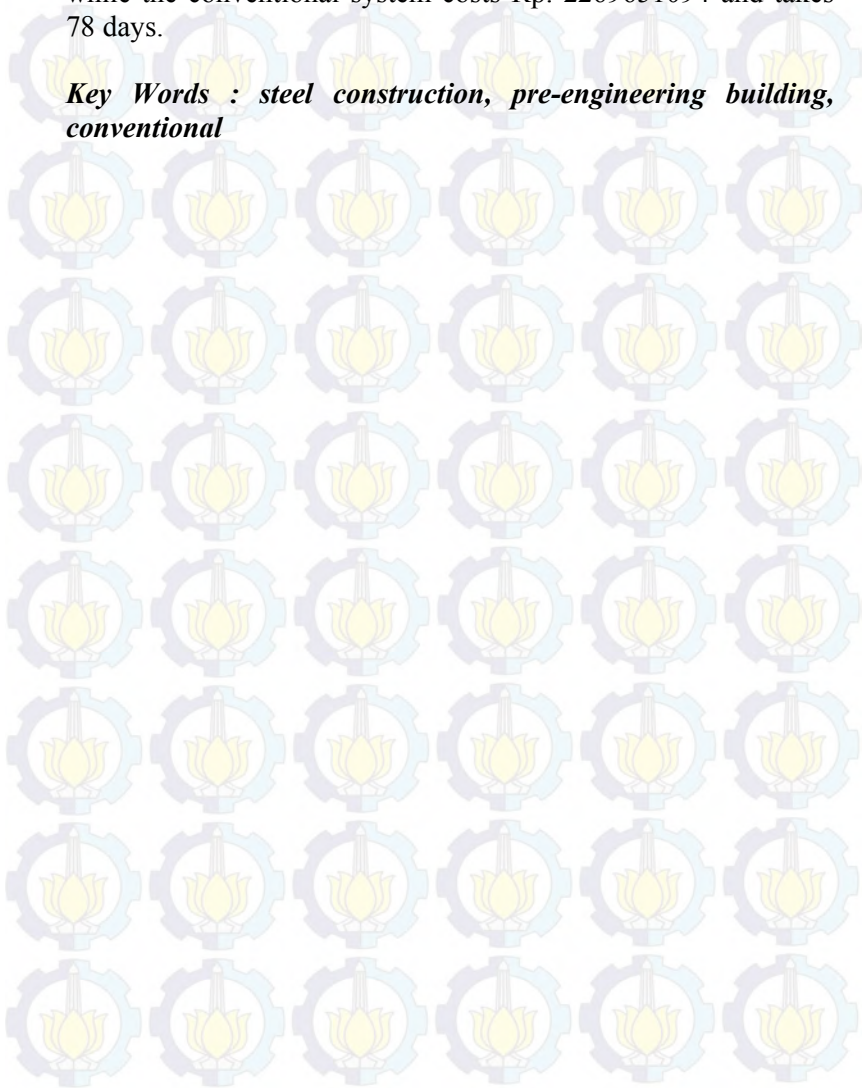
Steel construction building that typically use a conventional system with the main element is the hot rolled steel standard which is heavier than pre-engineered steel then conducted fabrication in field. This method has widely been applied in steel construction. As the technology development and innovation in construction field, there is another alternative of the construction method that is developed to produce steel construction cheaper, efficient and rapid implementations to minimize the risk of errors (accuracy), and resulted in the erection method that is conducted gradually, relatively easy and fast. This method is called steel construction method of *pre-engineering building*.

The purpose of doing the comparison of *conventional steel construction* and *pre-engineering building* method in cost and time aspect. The researched-project object is *Fibre Cement Board factory* - Mojokerto. Each method will be calculated based on the cost and time of the technical implementation. From the results of the comparison will be obtained cost and time that are needed for *conventional* and *pre-engineering building* method.

From the analysis of the cost and time calculations on the construction project of fibre cement boards factory are obtained results that are steel construction work with the pre-engineering

building system costs Rp. 1,674,677,166.65 and takes 40 days while the conventional system costs Rp. 2269651094 and takes 78 days.

Key Words : steel construction, pre-engineering building, conventional



DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN TEORI.....	5
2.1. Definisi dan Terminologi	5
2.2. Perbedaan Metode Konstruksi Pre-Engineering Steel Building dengan Konvensional Steel Building	7
2.2.1. Metode <i>Pre-Engineering Building</i>	8
2.2.2. Metode <i>Konvensional</i>	9
2.3. Alat Berat Pada <i>Konstruksi Baja</i>	9
2.3.1. <i>Crane</i>	9
2.4. Produktivitas Alat	10
2.5. Analisa Biaya.....	11
2.5.1. Volum Pekerjaan.....	12
2.5.2. Harga Satuan Pekerjaan	12
2.5.3. Biaya Langsung	13
2.6. Penjadwalan.....	13
2.6.1 Waktu dan Durasi Kegiatan.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1. Langkah-langkah Penelitian	15
3.2. Data Penelitian.....	17
3.2.1 Data Primer	17
3.2.2 Data Sekunder	
3.3. Analisa Data	20
3.3.1 Analisa Metode Pelaksanaan	20

3.3.2 Analisa Biaya Pelaksanaan.....	21
3.3.3 Analisa Waktu Pelaksanaan	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Data Bangunan	23
4.2 Analisa Metode Pelaksanaan.....	25
4.2.1 Analisa Metode Pelaksanaan Konstruksi Baja dengan Sistem Pre-Engineering Building	25
4.2.2 Analisa Metode Pelaksanaan Konstruksi Baja dengan Sistem Konvensional	34
4.3. Analisa Biaya	36
4.3.1 Perhitungan Volume Konstruksi Baja dengan Sistem Pre-Engineering Building.....	36
4.3.2 Perhitungan Volume Konstruksi Baja dengan Sistem Pre-Engineering Building.....	46
4.3.2 Rencana Anggaran Biaya	52
4.4. Analisa Waktu Pelaksanaan.....	53
4.4.1 Analisa Waktu Pelaksanaan Konstruksi Baja dengan Sistem Pre-Engineering Building	53
4.4.2 Analisa Waktu Pelaksanaan Konstruksi Baja dengan Sistem Konvensional	65
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1. Kesimpulan	73
5.2. Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

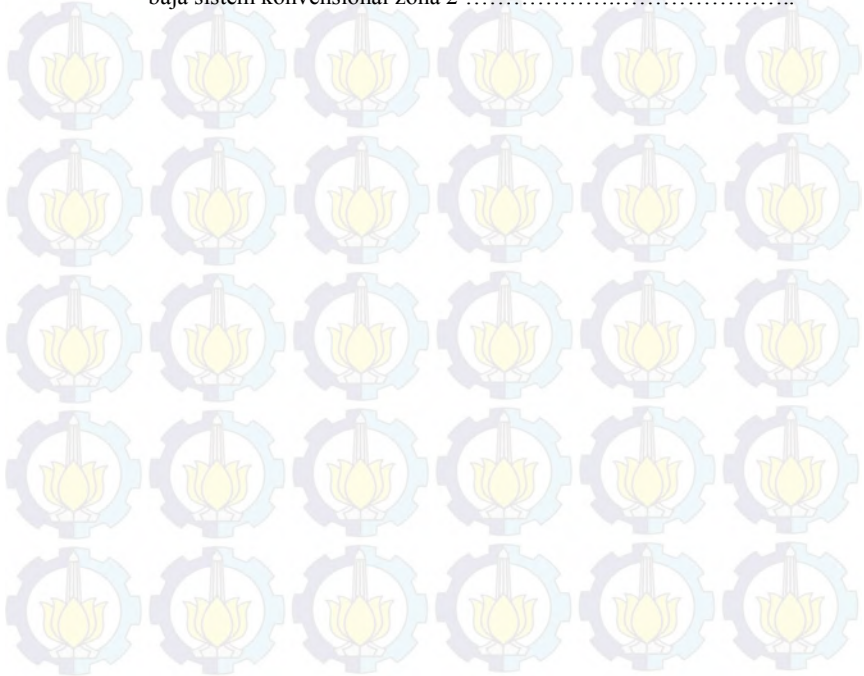
		Halaman
Tabel	4.1	Rekapitulasi Perhitungan Volume Kolom Sistem Pre-Engineering Building 39
Tabel	4.2	Rekapitulasi Perhitungan Volume Kolom Sistem Pre-Engineering Building 41
Tabel	4.3	Perhitungan Volume Bracing Sistem Pre-Engineering Building 45
Tabel	4.4	Total Volume Material Konstruksi Baja Sistem Pre-Engineering Building 46
Tabel	4.5	Total Volume Material Konstruksi Baja Sistem Konvensional 51
Tabel	4.6	Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Baja Sistem Pre-Engineering Building 52
Tabel	4.7	Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Baja Sistem Konvensional 53
Tabel	4.8	Analisa Waktu Pengiriman Material Konstruksi Baja Sistem Pre-Engineering Building 55
Tabel	4.9	Rekapitulasi Perhitungan Waktu Pekerjaan Erection Material Konstruksi Baja Sistem Pre-Engineering Building 64
Tabel	4.10	Analisa Waktu Pengiriman Material Konstruksi Baja Sistem Konvensional 55
Tabel	4.11	Rekapitulasi Perhitungan Waktu Pekerjaan Erection Material Konstruksi Baja Sistem Konvensional 71

DAFTAR GAMBAR

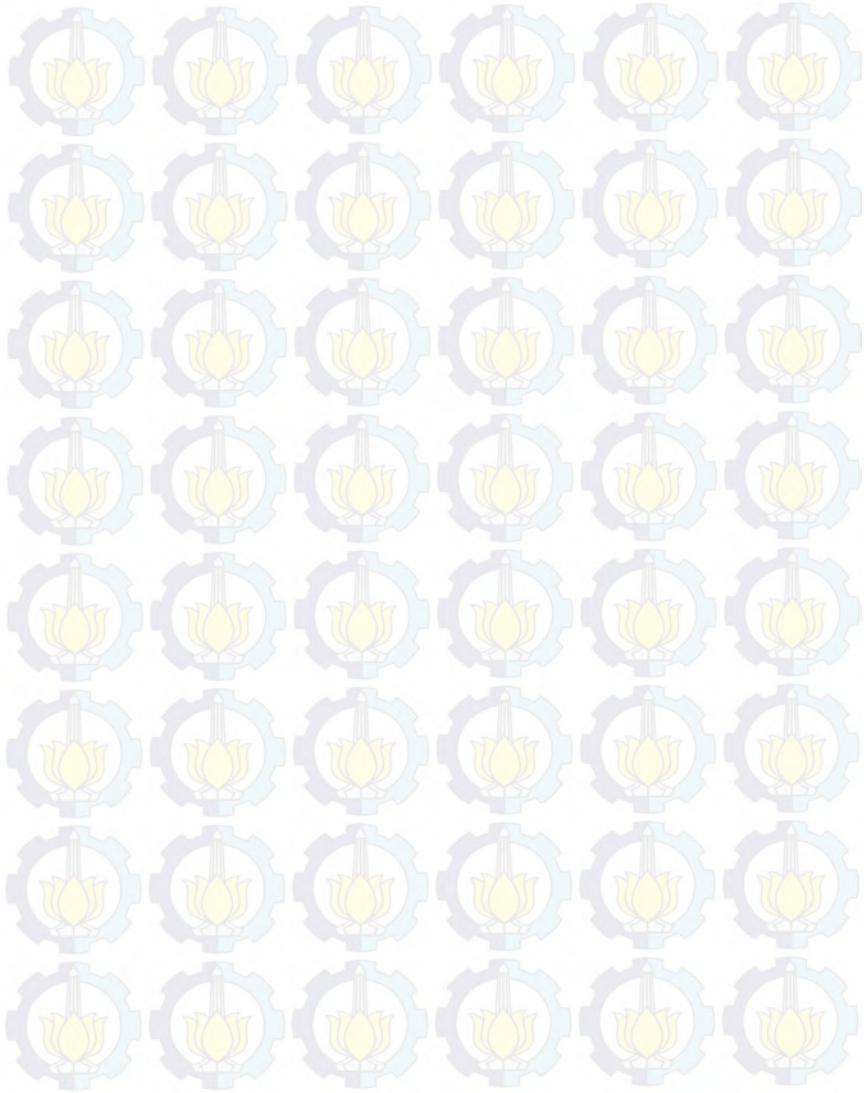
Halaman

Gambar	2.1	Distribusi momen pada portal rigid frame akibat beban - beban yang bekerja.....	6
Gambar	2.2	Perbedaan Desain Sistem Konstruksi Pre-Engineering dengan Sistem Konvensional.....	7
Gambar	3.1	Diagram alir tugas akhir	16
Gambar	3.2	Denah Struktur Sistem Pre-Engineering Building	16
Gambar	3.3	Tampak Potongan Rangka As-1 Sistem Pre-Engineering Building ..	16
Gambar	3.4	Denah Struktur Sistem Konvensional	16
Gambar	3.5	Tampak Potongan Rangka As-1 Metode Konvensional	16
Gambar	3.6	Diagram alir Lingkup Pekerjaan.....	16
Gambar	4.1	Denah Struktur Sistem Pre-Engineering Building	23
Gambar	4.2	Tampak Potongan Rangka As-1 Sistem Pre-Engineering Building .	24
Gambar	4.3	Denah Struktur Sistem Konvensional	24
Gambar	4.4	Tampak Potongan Rangka As-1 sistem Konvensional	25
Gambar	4.5	Diagram Alir Tahapan Pekerjaan Konstruksi Baja Sistem Pre-engineering Building ...	26
Gambar	4.6	Diagram Alir Pekerjaan Pabrikasi	27
Gambar	4.7	Diagram Alir Pekerjaan Pengiriman Material	28
Gambar	4.8	Skema Mobile crane.....	30
Gambar	4.9	Setting Kolom	31
Gambar	4.10	Setting Kolom, Regel dan Ikatan Angin	32
Gambar	4.11	Setting Kuda – Kuda	32
Gambar	4.13	Setting Kuda – Kuda, gording dan ikatan angin	33
Gambar	4.14	Diagram Alir Tahapan Pekerjaan Konstruksi Baja Sistem Konvensional	34
Gambar	4.15	Diagram Alir Pekerjaan Pabrikasi	35
Gambar	4.16	Denah Kolom Sistem Pre-Engineering Building	37
Gambar	4.17	Detail Desain Kolom Sistem Pre-Engineering Building Diagram alir tugas akhir	37
Gambar	4.18	Denah Rafter Sistem Pre-Engineering Building	40

Gambar	4.19	Detail Desain Rafter Sistem Pre-Engineering Building	40
Gambar	4.20	Denah Tube Strut, Purlin/Girt, Bracing & Sag Arrestor pada dinding Sistem Pre-Engineering Building.....	42
Gambar	4.21	Denah Tube Strut, Purlin/Girt, Bracing & Sag Arrestor pada atap Sistem Pre-Engineering Building	43
Gambar	4.22	Detail Tube Strut, Purlin/Girt, Bracing & Sag Arrestor Sistem Pre- Engineering Building	43
Gambar	4.23	Profil baja hot rolled pada komponen bangunan konstruksi baja sistem konvensional	43
Gambar	4.24	Dimensi Mobile Crane Kobelco Tipe RK-200.....	57
Gambar	4.25	Layout Mobilitas Mobile Crane Untuk Erection Konstruksi Baja Sistem Pre-Engineering Building	58
Gambar	4.26	Siklus mobile crane pada pekerjaan erection material konstruksi baja sistem pre-engineering building zona 2	61
Gambar	4.27	Layout Mobilitas Mobile Crane Untuk Erection Konstruksi Baja Sistem konvensional	67
Gambar	4.28	Siklus mobile crane pada pekerjaan erection material konstruksi. baja sistem konvensional zona 2	70



[Halaman ini sengaja dikosongkan]



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inovasi terbaru konstruksi baja sangat diperlukan seiring dengan semakin berkembangnya teknologi di dunia konstruksi. Inovasi ini lebih dikenal dengan konstruksi baja *Pre-Engineering Building*, Konstruksi baja pada umumnya menggunakan sistem konstruksi baja konvensional, yakni baja profil WF sebagai rangka bangunan baja, mulai dari material struktur kolom, balok dan kuda-kuda pada atap. Konstruksi tersebut biasa diterapkan pada bangunan gedung perkantoran, pabrik, gudang, stadion, jembatan, dan sebagainya. Pada era ini konstruksi baja konvensional sudah sedikit demi sedikit ditinggalkan karena efisiensi terhadap waktu dan biaya yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan menggunakan konstruksi baja *Pre-Engineering Building*. Para pakar engineering menyimpulkan bahwa baja *Pre-Engineering Building* didesain untuk bisa mereduksi waktu pelaksanaan pekerjaan dan biaya dengan tidak mengesampingkan nilai mutu dan kualitasnya.

Dengan menggunakan konstruksi baja *Pre-Engineering Building*, kontrol terhadap waktu dan biaya menjadi signifikan dikarenakan desain yang dibikin mengoptimalkan berat struktur seminimal mungkin, hal itu menjadi pembeda terhadap konstruksi baja konvensional yang cenderung memaksimalkan berat strukturnya, sehingga dari total beban yang dikeluarkan dapat mengurangi biaya baja per kilogramnya yang saat ini relatif tinggi dikarenakan pasar ekonomi global dunia yang tidak

stabil. Pada saat proses erection strukturnya juga memberi dampak yang sangat relatif lebih cepat hingga 20% dibanding konstruksi baja konvensional, dikarenakan fabrikasi sudah dilakukan di pabrik, sehingga material bisa langsung diirectionkan pada saat datang dilokasi proyek.

Di banding dengan konstruksi baja konvensional dengan desain arsitektur yang universal, dengan menggunakan konstruksi baja *Pre-Engineering Building*, berbagai macam desain yang diinginkan dapat terealisasi sedemikian rupa, dikarenakan fabrikasi yang dilakukan dengan sistem *Pre-Engineering Building* sangat memberikan peluang para owner untuk merealisasi desain yang mereka inginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini,yaitu :

1. Berapa waktu yang diperlukan untuk masing-masing metode pelaksanaan sistem *pre-engineering building* dan *konvensional* pada bangunan konstruksi baja ?
2. Berapa biaya yang diperlukan untuk masing-masing metode pelaksanaan sistem *pre-engineering building* dan *konvensional* pada bangunan konstruksi baja ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung waktu yang diperlukan untuk masing-masing metode pelaksanaan sistem *pre-engineering building* dan konvensional pada bangunan konstruksi baja.

2. Menghitung biaya yang diperlukan untuk masing-masing metode pelaksanaan sistem *pre-engineering building* dan konvensional pada bangunan konstruksi baja.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya pembahasan, maka penulis akan membatasi permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, yaitu meliputi:

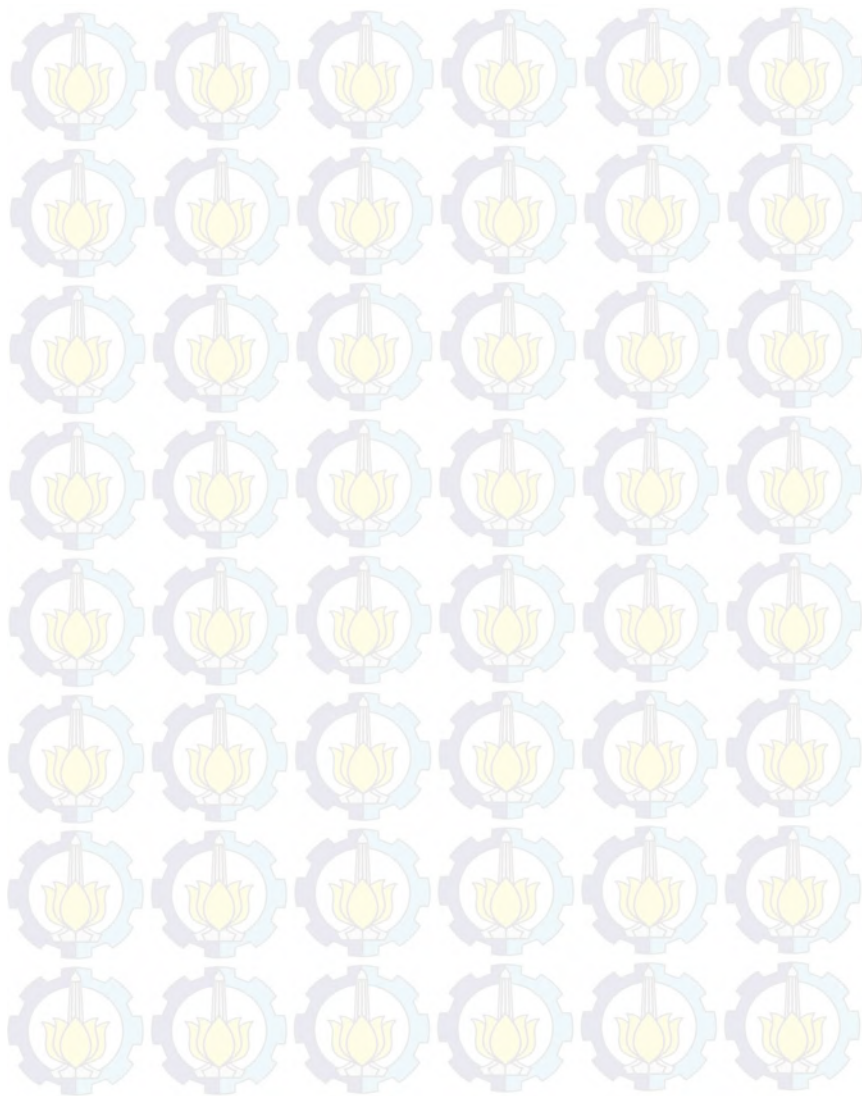
1. Memperhitungkan faktor waktu pelaksanaan yang dihasilkan untuk masing-masing metode pelaksanaan sistem *pre-engineering building* dan konvensional pada bangunan konstruksi baja.
2. Memperhitungkan faktor biaya pelaksanaan yang dihasilkan untuk masing-masing metode pelaksanaan sistem *pre-engineering building* dan konvensional pada bangunan konstruksi baja.

1.5 Manfaat

Dengan adanya analisa ini diharapkan memberikan manfaat diantaranya:

1. Menjadi referensi bagi owner atau investor proyek yang ingin membangun suatu bangunan konstruksi baja dengan waktu yang relatif lebih cepat dikarenakan tahapan pelaksanaan yang dihasilkan.
2. Menjadi referensi bagi owner atau investor proyek yang ingin membangun suatu bangunan konstruksi baja dengan biaya yang relatif lebih murah dikarenakan desain struktur yang dihasilkan.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



BAB II

TINJAUAN TEORI

2.1. Definisi dan Terminologi

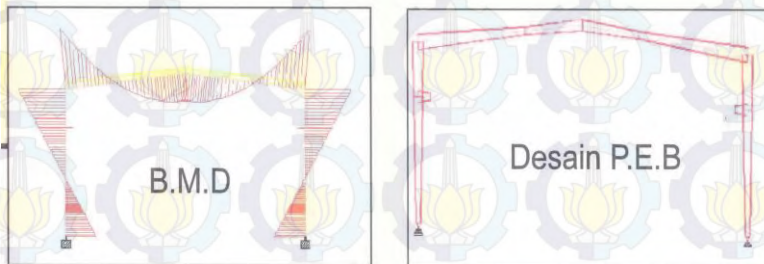
Definisi dari konstruksi baja *Sistem Pre-Engineering Building* adalah suatu konsep engineering dalam dunia konstruksi baja dimana pekerjaan fabrikasi dilakukan di workshop dengan teknologi mesin produksi yang memadai dari segi mutu maupun waktu. Komponen struktur utamanya juga di desain se-efisien mungkin sesuai kebutuhan beban dan fungsi dari suatu bangunan.

Sistem Pre-Engineering Building ini dikembangkan untuk menghasilkan konstruksi baja yang lebih murah, implementasi yang efisien dan cepat dengan meminimal resiko kesalahan (akurasi), serta menghasilkan metode erection yang dilakukan secara bertahap, relatif mudah dan cepat. Sambungan komponen saat erection dilakukan tanpa las dan tidak membutuhkan tenaga ahli berpengalaman, karena dalam sistem *Pre-Engineering Building* dilengkapi dengan adanya erection guide manual (panduan pengguna erection). Sehingga biaya dapat diketahui lebih akurat dan ekonomis. Secara umum metode ini dapat menghemat 15%-20% dari biaya pembangunan.

Dalam pembuatan konstruksi baja *Sistem Pre-Engineering Building*, Pabrikasi konstruksi baja *Sistem Pre-Engineering Building* memainkan peran penting dalam rekayasa konstruksi baja yang meliputi desain dengan mengacu standar desain (AISC, MBMA, AWS, AISI, & JIS), gambar, fabrikasi, dan erection guide manual.

Jadi pemahaman konstruksi baja *Pre-Engineering Building* itu adalah pra-fabrikasi dari bangunan di mana kebutuhan desain keseluruhan bangunan telah disiapkan sebelumnya dalam bentuk

Gedung Standar. Kemudian didesain dengan standar bangunan yang lengkap dan yang paling ekonomis. Material baja pada konsep ini didesain berdasarkan kebutuhan distribusi momen (B.M.D) pada portal rigid frame akibat beban-beban yang bekerja.

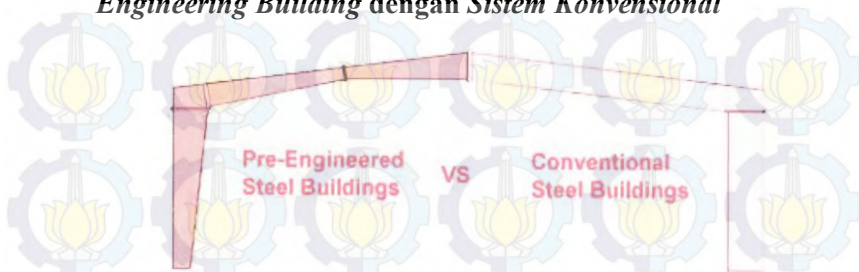


Gambar 2.1 Distribusi momen pada portal rigid frame akibat beban-beban yang bekerja
(Sumber : Gunung Steel Group, 2010-2013)

Perhatikan gambar 2.1, ujung kolom bawah lebih kecil dari ujung atas sebab momen bagian bawah lebih kecil sehingga menghemat material baja dan tentunya akan lebih ringan. Profile seperti ini disebut Profile Tempered. profile tempered ini tidak diproduksi secara hot rolled seperti material hot rolled standar yang biasa kita jumpai dipasaran. Profile Tempered ini dibentuk dengan penggabungan 3 material plate yang diassembly menjadi komponen tempered.

Sedangkan pada konstruksi baja *sistem konvensional*, Pelaksanaan pekerjaan fabrikasi dilakukan dilapangan dengan material utama yang digunakan berupa material hot rolled atau biasa disebut profil WF. Hal ini sudah biasa kita jumpai pada bangunan konstruksi baja yang sudah ada pada umumnya.

2.2 Perbedaan Desain Konstruksi Baja *Sistem Pre-Engineering Building* dengan *Sistem Konvensional*



Gambar 2.2 Perbedaan Desain *Sistem Konstruksi Pre-Engineering* dengan *Sistem Konvensional*
(Sumber : Gunung Steel Group, 2010-2013)

2.2.1 Metode Pre-Engineering Building

1. Perhatikan gambar 2.2, elemen utama memakai batang non-prismatis sehingga berat sendiri 30% lebih ringan.
2. Elemen sekunder memakai baja ringan yang berbentuk Z-Section atau Lip-Channel.
3. Desain pondasi lebih sederhana serta ringan dan mudah dilaksanakan.
4. Berat konstruksi yang relatif ringan sehingga biaya baja lebih murah.
5. Seismic Resistance Struktur portal lebih fleksibel untuk menahan beban gempa.
6. Erection mudah, cepat dan dilakukan secara bertahap. Sambungan komponen saat erection dilakukan tanpa las dan tidak membutuhkan tenaga ahli berpengalaman, karena dalam PRE-ENGINEERED BUILDING dilengkapi dengan erection guide manual. Sehingga biaya dapat diketahui lebih akurat, secara umum dapat menghemat 15%-20% dari biaya pembangunan.

7. Volume pondasi lebih ringan (5% s/d 10%). karena berat struktur atas sudah akurat sesuai desain.
8. Standarisasi sistem PRE-ENGINEERED BUILDING menghemat waktu dalam desain. Dengan bantuan komputer dan software computer seperti program STAADIII maka segera dapat di desain yang optimal dan efisien. Untuk penggambaran struktur secara teliti dengan menggunakan software Steel-Cad, dimana dapat langsung diperoleh gambar shop drawing untuk fabrikasi dan erection drawing beserta berat komponen struktur secara keseluruhan. Gambar yang disetujui dapat disiapkan dalam 10-21 hari.
9. Jarak antar kolom dapat dipasang lebih besar, sehingga bentang (space) dapat dioptimalkan.
10. Arsitektural diperoleh dengan biaya yang lebih murah.

2.2.2 Metode Konvensional

1. Perhatikan gambar 2.2, elemen utama adalah hot rolled wf yang lebih berat dari non prismatic.
2. Elemen sekunder memakai baja profile I atau Lip-Channel yang relatif lebih berat.
3. Pondasi mahal dan disyaratkan memakai pondasi yang lebih dalam.
4. Berat konstruksi yang relatif berat sehingga biaya baja lebih mahal.
5. Seismic Resistance Structure portal lebih berat dan kaku dan perilaku kurang baik di wilayah gempa.
6. Banyak tenaga erection yang diperlukan dan mahal. Waktu dan biaya diperlukan untuk mendapatkan akurasi dan keseragaman dalam erection. Banyak menyita waktu

sehingga dapat melebihi time schedule pekerjaan dan biaya.

7. Memerlukan pondasi yang lebih berat.
8. Karena tidak ada standarisasi kadang-kadang untuk satu jenis struktur menghasilkan desain yang berbeda. Setiap ada proyek selalu melakukan perhitungan connection dan component yang berulang. Pada pengerjaan gambar detailnya pun tidak lengkap.
9. Diperlukan banyak kolom untuk bentang (space) besar.
10. Arsitektural diperoleh dengan biaya yang lebih tinggi.

2.3 Alat Berat pada Pekerjaan Konstruksi Baja

Alat berat mempunyai peranan yang penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi, terutama proyek dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk mempermudah prosespekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat.

Alat berat yang umumnya digunakan pada pekerjaan konstruksi baja yaitu alat erection (Crane), *truck* atau *loader* untuk alat pengangkut (Rostiyanti 2008).

2.3.1 Crane

Crane adalah alat berat untuk pengangkutan vertikal atau alat pengangkat yang biasa digunakan di dalam proyek konstruksi. Cara kerja *crane* adalah dengan mengangkat secara vertikal material yang akan dipindahkan, memindahkan secara horisontal, kemudian menurunkan material di tempat yang diinginkan. *Crane* mempunyai beberapa tipe yang di dalam pengoperasiannya dipilih sesuai dengan kondisi suatu proyek. Tipe crane yang umum dipakai adalah:

- a) Crane beroda crawler
- b) Truck crane

- c) Truck crane untuk lokasi terbatas
- d) Truck crane untuk segala jenis lokasi
- e) Tower crane

Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi baja ini, proses erection menggunakan alat berat Truck Crane.

2.4 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas atau kapasitas alat adalah besarnya keluaran (*output*) volume pekerjaan tertentu yang dihasilkan alat per-satuan waktu. Untuk memperkirakan produktivitas alat, diperlukan kinerja alat yang diberikan oleh pabrik pembuat alat dan faktor efisiensi alat, operator, kondisi lapangan dan material (Rostiyantri 2008).

Produktivitas alat dihitung berdasarkan volume per-siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam.

$$Q = q \times N \times E \dots\dots\dots \text{pers. (1)}$$

Dimana :

Q = produksi alat per jam (m^3/jam)

q = produksi alat per siklus (m^3/siklus)

E = efisiensi waktu kerja (waktu kerja efektif/60)

N = jumlah siklus per jam, yaitu :

$$\text{—} \dots\dots\dots \text{pers. (2)}$$

Ws = waktu siklus (menit)

Dengan demikian, produktivitas alat dapat dihitung dengan :

$$Q = \text{—} \dots\dots\dots \text{pers. (3)}$$

Pengertian waktu siklus adalah waktu yang dipakai sebuah mesin (kendaraan) untuk menjalani suatu siklus pekerjaan. Sebagai contoh sebuah crane mempunyai siklus mekanisme kerja sebagai

berikut: mekanisme angkat – mekanismme putar – mekanisme jalan (untuk maenaruh atau menurunkan beban.

Waktu siklus terdiri dari :

Fixed time : Merupakan waktu untuk pengangkatan, berputar, berjalan menaruh atau menurunkan beban, dan lain-lain yang sudah tentu. Jadi *fixed time* tidak terpengaruh oleh jauh dekatnya jarak angkut.

Variabel time : Merupakan waktu yang diperlukan untuk berjalan dan berputar dalam keadaan kosong.

$$\text{Variabel time} = \frac{\text{jarak berjalan dan berputar tanpa beban}}{v}$$

Dimana :

V = Kecepatan pada saat berjalan mengangkut beban

Jadi waktu siklus = *fixed time* + *variable time*

Masing-masing alat berat mempunyai produktivitas spesifik sesuai dengan kapasitas produksinya.

2.5 Analisa Biaya

Sebelum suatu proyek konstruksi dimulai, terlebih dahulu diperkirakan secara cermat biaya yang akan dikeluarkan untuk pengerjaan proyek tersebut yang selanjutnya disebut Rencana Anggaran Biaya. Menurut Ibrahim (2001) rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan pada volume tiap jenis pekerjaan dikalikan dengan harga satuan tiap pekerjaan tersebut, dan dihitung untuk seluruh jenis pekerjaan yang dikerjakan pada suatu proyek konstruksi, sehingga dapat diperoleh total dari

rencana anggaran biaya keseluruhan. Harga satuan pekerjaan terdiri dari biaya material, biaya upah pekerja, dan biaya peralatan dimana biaya-biaya tersebut termasuk biaya langsung dalam suatu proyek.

2.5.1 Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan merupakan bagian paling penting dalam tahap perencanaan proyek konstruksi. Perhitungan volume pekerjaan konstruksi merupakan suatu proses pengukuran/perhitungan terhadap kuantitas item-item pekerjaan berdasarkan pada gambar atau aktualisasi pekerjaan di lapangan. Dengan mengetahui jumlah volume pekerjaan maka akan diketahui berapa banyak biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan konstruksi tersebut.

2.5.2 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga, bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu proyek harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan di lokasi pekerjaan. Biasanya pelaksana atau kontraktor membuat harga satuan pekerjaan tersendiri yang disesuaikan dengan harga dipasaran dimana proyek tersebut dilaksanakan.

2.5.3 Biaya Langsung

Menurut Asiyanto (2003) biaya langsung dalam biaya proyek adalah biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan yang berhubungan

langsung dengan proyek yang bersangkutan yang menghasilkan konstruksi fisik yang bersifat tetap. Biaya langsung ini besarnya dominan terhadap total biaya. Komponen utama dari biaya langsung adalah biaya material, tenaga kerja, dan peralatan.

a) Biaya material

Harga atau bahan material yang digunakan untuk proses pelaksanaan konstruksi, yang sudah memasukan biaya pengepakan, biaya angkutan dan biaya penyimpanan sementara di gudang.

b) Biaya Tenaga kerja

Biaya yang dibayarkan kepada pekerja dalam menyelesaikan suatu jenis pekerjaan sesuai dengan keterampilan dan keahliannya

c) Biaya Peralatan

Biaya yang diperlukan untuk kegiatan sewa, pengangkutan, pemasangan alat, dan biaya operasi dapat juga dimasukkan upah dari operator mesin

2.6 Penjadwalan

Penjadwalan dalam proyek konstruksi merupakan alat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, yang mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya ekonomis (Irika&Lenggogeni 2013).

Dari penjadwalan kita akan mendapatkan gambaran lamanya pekerjaan yang dapat diselesaikan, serta bagian-bagian pekerjaan yang saling terkait antara satu dan lainnya. Penjadwalan dilakukan dengan menentukan urutan-urutan dimana aktifitas dimulai, ditunda, dan diselesaikan sehingga kebutuhan biaya dan pemakaian sumber daya disesuaikan menurut kebutuhan dan waktu pelaksanaannya.

2.6.1 Waktu dan Durasi Kegiatan

Didalam penjadwalan terdapat dua perbedaan, yaitu waktu (*time*) dan kurun waktu (*duration*). Jika waktu menunjukkan siang/malam, sedangkan durasi menunjukkan lamanya waktu kerja dalam satu hari, misalnya satu hari kerja adalah 8 jam.

Menentukan durasi kegiatan biasanya didasarkan pada volume pekerjaan dan produktivitas pekerja/alat dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Sebagai contoh, produktivitas kelompok pekerja untuk mengerjakan pekerjaan dinding bata adalah $10 \text{ m}^2/\text{hari}$, sedangkan volume pekerjaan dinding bata 240 m^2 .

Durasi pekerjaan dinding bata = volume pekerjaan / produktivitas = $240 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2/\text{hari} = 24 \text{ hari}$

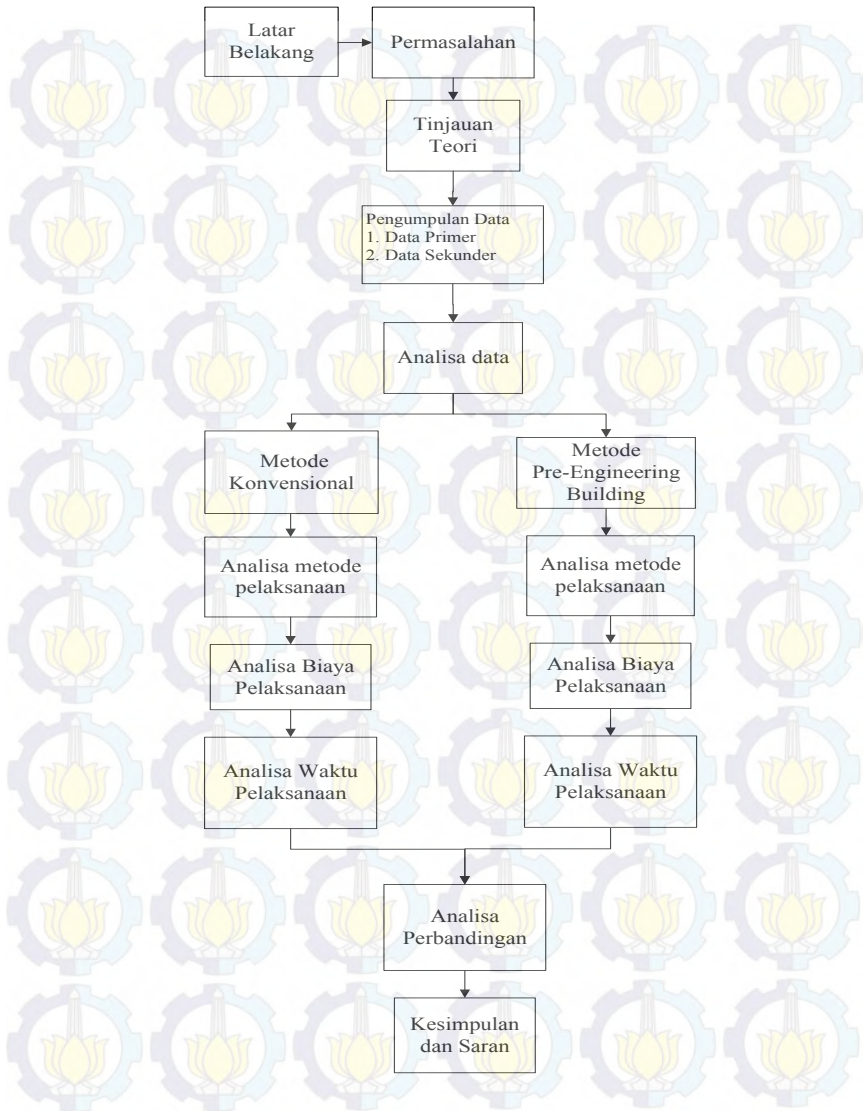
Untuk mendapatkan produktivitas pekerja biasanya didapat dengan cara membagi koefisien pekerja yang terdapat dalam analisa harga satuan dengan volume pekerjaan. Sedangkan untuk mencari produktivitas alat, masing-masing alat mempunyai produktivitas tersendiri sesuai dengan jenis alat berat tersebut.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah-langkah Penelitian

Dalam bab metodologi penelitian ini, dijelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan selama pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir tentang “Analisa Perbandingan Biaya & Waktu Bangunan *Konstruksi Baja* Menggunakan Sistem *Pre-Engineering Building* dan Sistem *Konvensional* Pada *Proyek Pabrik Fiber Cement Boards Mojosari*” yang dijadikan kerangka acuan selama melaksanakan penelitian. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir Tugas Akhir Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Data Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir. Data yang dibutuhkan dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu:

3.2.1 Data Primer

Data yang didapat dari hasil peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan berupa letak, kondisi lokasi, kondisi bangunan disekitar lokasi.

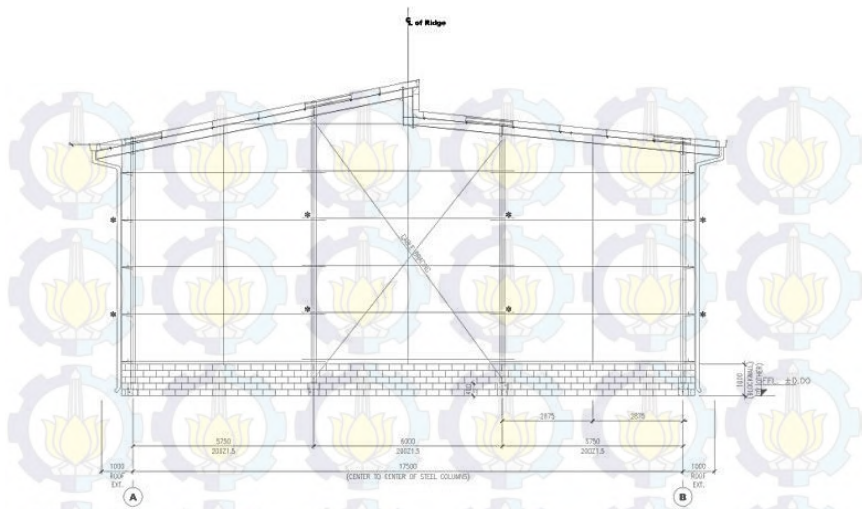
3.2.2 Data Sekunder

Data pendukung yang dipakai dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir baik dari lapangan serta dari literatur-literatur yang ada. Data ini tidak dapat digunakan secara langsung sebagai sumber tetapi harus melalui proses pengolahan data untuk dapat digunakan. Data sekunder yang digunakan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini yaitu:

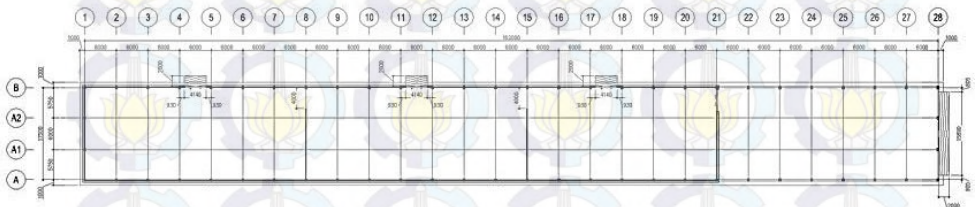
- a. Gambar rencana bangunan *konstruksi baja* dengan metode *pre-engineering building* dan metode *konvensional* pada proyek pabrik fibre cement board yang dapat dilihat pada gambar 3.2, 3.3, 3.4 dan 3.5 berikut ini:



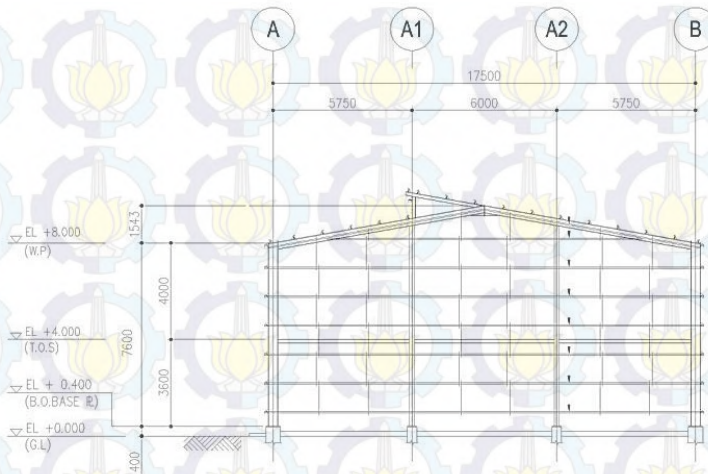
Gambar 3.2 Denah Struktur Sistem *Pre-Engineering Building*
(Sumber : PEB Steel Buildings, 2011)



Gambar 3.3 Tampak Potongan Rangka As-1 Sistem *Pre-Engineering Building*
(Sumber : PEB Steel Buildings, 2011)



Gambar 3.4 Denah Struktur Sistem *Konvensional*
(Sumber : Rekayasa Engineering, 2013)

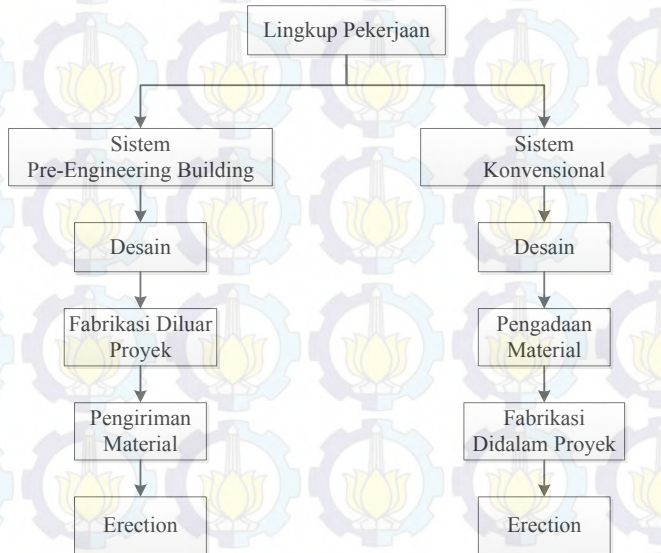


Gambar 3.5 Tampak Potongan Rangka As-1 Metode Konvensional
(Sumber : Rekayasa Engineering, 2013)

- b. Harga satuan pekerjaan
- c. Penjadwalan proyek

3.3 Analisa Data

Dalam analisa data ini didapati lingkup pekerjaan dari masing-masing metode seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir Lingkup Pekerjaan

Dari diagram alir lingkup *pekerjaan* pada gambar 3.5, pada masing-masing sistem terdapat tahapap analisa yang dilakukan sebagai berikut.

3.3.1 Analisa Metode Pelaksanaan

Menyusun secara garis besar tahapan pelaksanaan pekerjaan *bangunan konstruksi baja* untuk sistem *pre-enginerring building* dan sistem *konvensional* serta *menganalisa* aktifitas kegiatan setiap pekerjaan. Analisa metode pelaksanaan menjadi dasar untuk

mengitung biaya dan waktu pelaksanaan untuk masing-masing metode.

Untuk sistem *pre-engineering building* karena pekerjaan *konstruksi baja* dimulai dengan fabrikasi dari bangunan di mana kebutuhan desain keseluruhan bangunan telah disiapkan sebelumnya dalam bentuk Gedung Standar. Kemudian didesain dengan standar bangunan yang lengkap. Material baja pada konsep ini didesain berdasarkan kebutuhan distribusi momen (B. M.D) pada portal rigid frame akibat beban-beban yang bekerja, Profil baja seperti ini biasa disebut profil baja tempered.

3.3.2 Analisa Biaya Pelaksanaan

Analisa biaya pelaksanaan pada masing-masing metode dihitung dengan cara menganalisa besaran biaya yang ditimbulkan dari:

A. Metode *Pre-Engineering Building* :

1. Proses fabrikasi di luar proyek
2. Proses erection

B. Metode *Konvensional*

1. Proses fabrikasi di luar proyek
2. Proses erection

Ketentuan perhitungan biaya yang dibutuhkan adalah :

Biaya Pekerjaan : volume material x harga satuan volume
(pabrikasi + erection)

biaya tersebut didapat dari penawaran harga pekerjaan dari penawaran kontraktor pelaksana.

Analisa biaya dibutuhkan untuk menyusun rencana anggaran biaya guna mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan pada

masing-masing metode dan untuk mengetahui besarnya anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek tersebut.

3.3.3 Analisa Waktu Pelaksanaan

Analisa waktu pelaksanaan setiap kegiatan pekerjaan untuk kedua metode dihitung dengan cara menganalisa besaran waktu yang dibutuhkan dari tahapan-tahapan aktifitas berikut ini:

A. Metode *Pre-Engineering Building* :

1. Proses fabrikasi di luar proyek
2. Proses erection

B. Metode *Konvensional*

1. Proses fabrikasi didalam proyek
2. Proses erection

Besaran waktu yang dibutuhkan dapat dihitung dengan cara membagi volume pekerjaan dengan nilai tingkat produktivitas pekerja/alat.

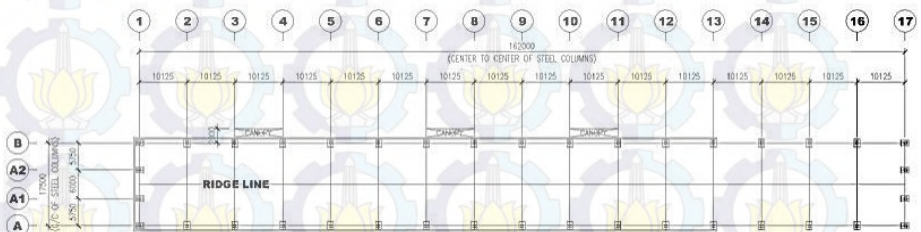
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

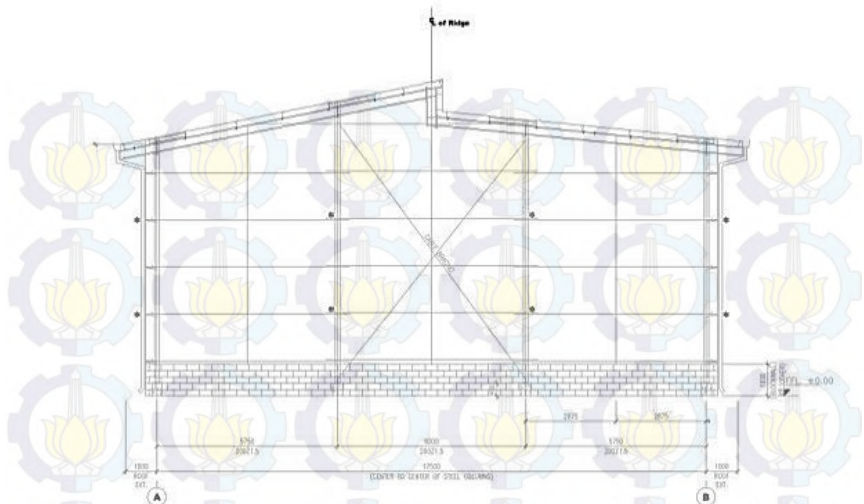
4.1 Data Bangunan

Pada proyek pembangunan pabrik fiber cement board di Mojosari ini, dengan dimensi bangunan 162 m x 17,5 m dilakukan analisa data metode pelaksanaan, biaya dan waktu untuk bangunan konstruksi baja dengan menggunakan *sistem pre-engineering building* dan *sistem konvensional*.

Desain konstruksi baja *sistem pre-engineering building* dimulai dari proposal drawing beserta konsep bangunan yang diajukan oleh owner kepada kontraktor untuk diteruskan kepada manufaktur konstruksi baja *sistem pre-engineering Building* yang telah ditunjuk atau direkomendasikan oleh owner atau kontraktor untuk dilakukan pendetailan desain dengan menggunakan bantuan desain software computer seperti program SAP 2000, Tekla dan STAADIII dengan hasil desain pada gambar 4.1 dan 4.2 berikut ini.

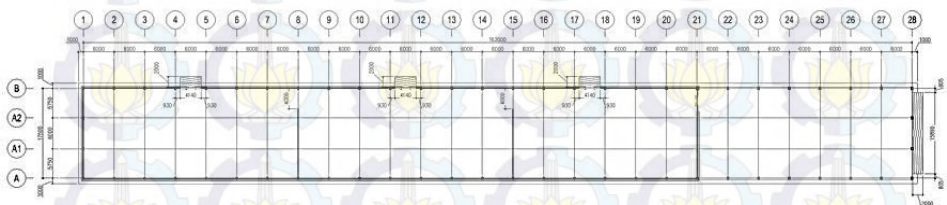


Gambar 4.1 Denah Struktur Sistem Pre-Engineering Building

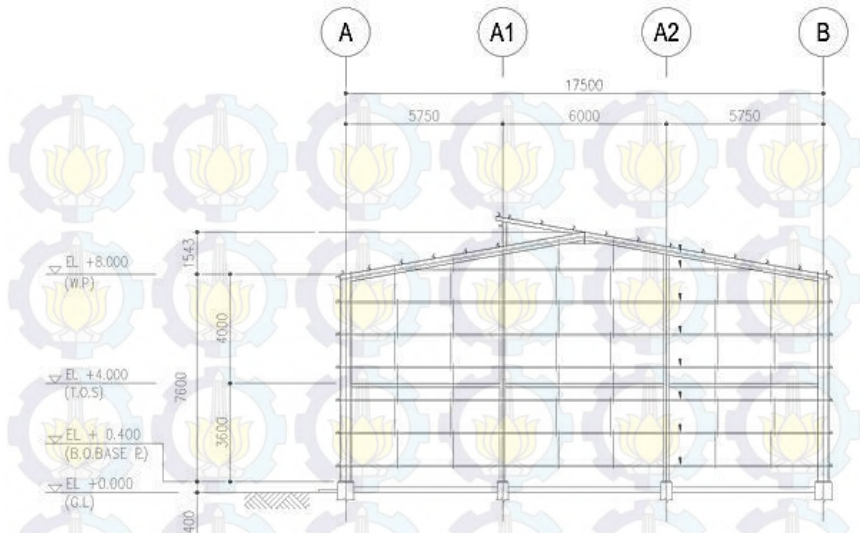


Gambar 4.2 Tampak Potongan Rangka As-1 *Sistem Pre-Engineering Building*

Berbeda dengan desain konstruksi baja *sistem pre-engineering building*, desain konstruksi baja *sistem konvensional* ini awalnya sudah dibuat oleh konsultan perencana yang ditunjuk oleh owner proyek pabrik fiber cement boards di Mojosari. Hasil dari desain tersebut terdapat pada gambar 4.3 dan 4.4 berikut ini.



Gambar 4.3 Denah Struktur *Sistem Konvensional*



Gambar 4.4 Tampak Potongan Rangka As-1 sistem *Konvensional*

4.2 Analisa Metode Pelaksanaan

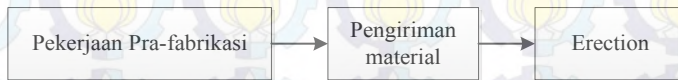
Pada metode pelaksanaan ini, terdapat langkah dan cara kerja dari tahapan-tahapan pekerjaan dengan menggunakan sistem *pre-engineering building* dan sistem *konvensional* sebagai berikut:

4.2.1 Analisa Metode Pelaksanaan Konstruksi Baja Dengan Sistem *Pre-Engineering Building*

Konstruksi baja sistem *pre-engineering building* yang terdapat pada proyek pembangunan pabrik fiber cement board di Mojosari, Kontraktor pelaksana menggunakan konstruksi baja dengan sistem *pre-engineering building* dengan menunjuk perusahaan manufaktur konstruksi baja sistem *pre-engineering* sebagai sub-kontraktor yang merupakan pengeksport material konstruksi baja dengan

menggunakan *Sistem Pre-engineering Building*. Perusahaan manufaktur konstruksi baja tersebut bernama PEB Steel Buildings CO.,LTD, yang beralamatkan di Ho Chi Minh City, Vietnam.

Adapun tahapan-tahapan pekerjaan konstruksi baja menggunakan *sistem pre-engineering building* dapat dilihat pada diagram alir gambar 4.5 berikut ini.

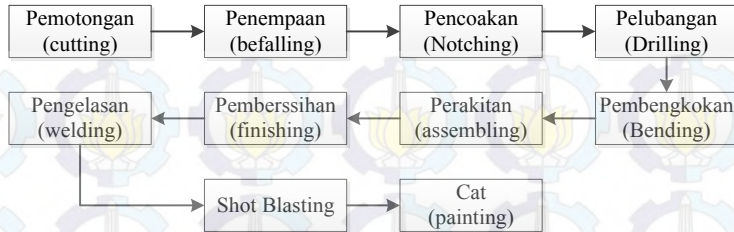


Gambar 4.5 Diagram Alir Tahapan Pekerjaan Konstruksi Baja Sistem *Pre-engineering Building*

Adapun penjelasan dari diagram alir tahapan pekerjaan sistem *pre-engineering building* berikut ini.

1. Pekerjaan Pra-Fabrikasi

Didalam pekerjaan pembangunan konstruksi baja dengan sistem *pre-engineering building*, pekerjaan pra-fabrikasi adalah suatu *rangkaian* pekerjaan fabrikasi di luar proyek atau biasa dilakukan di workshop manufaktur konstruksi baja. Material utama berupa lembaran plat baja (baja coil) yang selanjutnya dilakukan rangkaian proses fabrikasi, output dari proses fabrikasi ini berupa produksi komponen-komponen konstruksi baja tempered sistem *pre-engineering building*. Alur dari proses pekerjaan fabrikasi ini dijelaskan pada gambar 4.6 berikut ini:



Gambar 4.6 Diagram Alir Pekerjaan Pabrikasi

Adapun sebelumnya, pada sistem *pre-engineering building* sudah dilakukan standarisasi desain bangunan pada tiap-tiap komponen produksinya yang dilakukan oleh manufaktur konstruksi baja sebagai berikut:

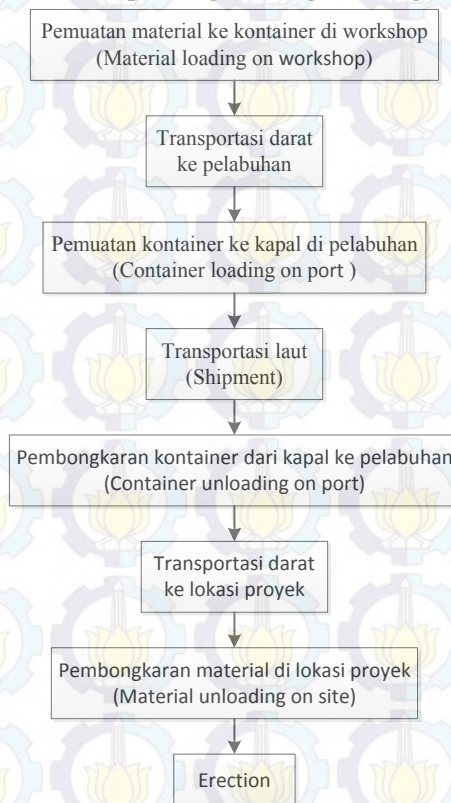
1. Standar desain
2. Standar frame
3. Standar produk
4. Standar komponen, dan
5. Standar asesoris

2. Pekerjaan Pengiriman Material

Pada tahapan pengiriman material dari pabrik manufaktur konstruksi baja dengan sistem *pre-engineering building* adalah menjadi tahapan pekerjaan yang wajib dimasukkan dalam analisa metode pelaksanaan ini. Semisal pada pembangunan proyek konstruksi baja Pabrik Fibre Cement Board di Mojosari ini, yang mana material konstruksi baja dilakukan pabrikasi diluar proyek, sehingga material yang sudah dipabrikasi dilakukan pengiriman material dari pabrik manufaktur konstruksi baja ke lokasi proyek untuk dilakukan pekerjaan erection.

Proses pengiriman material ini dilakukan oleh pihak manufaktur baja sebagai pengeksport material yang bertindak langsung dan bertanggung jawab atas pengiriman material

(ekspor), mulai dari pemuatan material ke kontainer di workshop manufaktur baja sampai material tiba di lokasi proyek dan dilakukan pembongkaran kontainer. Pihak manufaktur baja juga menunjuk forwarder yang merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa keagenan yang mengurus pengiriman dan penerimaan barang Export dan Import. Berikut diagram alir pada gambar 4.7 yang akan menjelaskan metode pelaksanaan tahapan pengiriman material sistem *pre-engineering building* :



Gambar 4.7 Diagram Alir Pekerjaan Pengiriman Material

3. Pekerjaan Erection

Didalam pelaksanaan pekerjaan erection konstruksi baja sistem *pre-engineering building* ini, ada beberapa hal yang perlu disiapkan, yaitu:

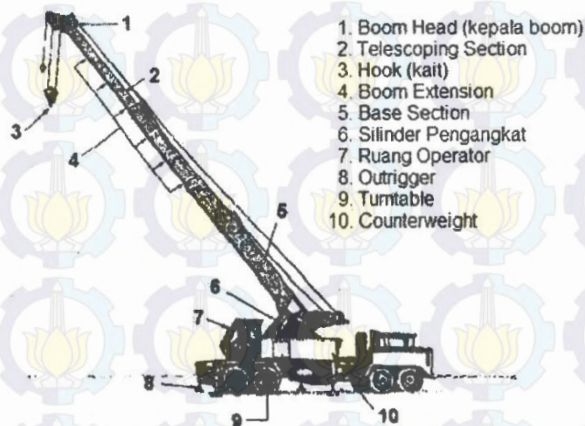
- a. Tersedianya mobil mobile crane dengan kapasitas angkut sesuai dengan kebutuhan yang merupakan alat berat untuk pelaksanaan pekerjaan erection.
- b. Lokasi pekerjaan bersih dan level dengan kondisi kepadatan tanah cukup memenuhi untuk aktifitas mobile crane.
- c. Tersedianya ruang dan manuver yang cukup untuk kedatangan trailer yang mengangkut kontainer-kontainer berisikan material konstruksi baja.
- d. Tersedianya ruang untuk penempatan material dengan penataan yang rapi dan benar.
- e. Tersedianya peralatan pendukung pekerjaan yang terkait.
- f. Adanya proteksi untuk melindungi material konstruksi baja yang belum dierection.
- g. Tersedianya peralatan pendukung keselamatan kerja.
- h. Tenaga kerja erection konstruksi baja.

Perusahaan manufaktur konstruksi baja sistem *pre-engineering building* memberikan buku panduan erection khusus kepada kontraktor erector untuk membantu dalam pelaksanaan pekerjaan erection dengan tujuan pekerjaan erection dapat berjalan dengan aman, mudah dan cepat. Selain itu panduan erection tersebut menjamin garansi yang diberikan. Apabila pihak erector tidak mengikuti panduan erection yang sudah ditetapkan, maka garansi dan jaminan-jaminan yang diberikan akan dihilangkan.

Pada pelaksanaan erection konstruksi baja sistem *pre-engineering building* dilapangan, instalasi konstruksi baja hanya

menggunakan mur dan baut, tidak ada pekerjaan pengelasan, dikarenakan pekerjaan tersebut sudah dilakukan secara keseluruhan pada tahapan pekerjaan pra-pabrikasi di workshop.

Adapun Alat berat yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan erection ini berupa mobil mobile crane yang merupakan mobile crane dengan penggerak roda ban. Lengan mobile crane tipe ini adalah boom hidralis. Mobile crane ini juga dikenal sebagai hydraulic mobile crane atau telescopic mobile crane. Struktur atas mobile crane ini dilengkapi dengan telescopic boom, silinder tunggal untuk pengangkat dan kait. Boom mobile crane jenis ini dapat diperpanjang atau diperpendek sesuai dengan kebutuhan tan pa perlu adanya pembongkaran boom. Mobile crane ini mampu bergerak dan fleksibel sehingga dapat dikemudikan dijalan. Bagian-bagian dari mobile crane ini dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8 Skema Mobile crane

(Sumber : Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi-Fatena Rostiyanti, 2008)

Mobil mobile crane berfungsi sebagai alat bantu instalasi dengan cara kerja mengangkat, memindahkan dan menaruh material. Didalam pemilihan mobile crane perlu dilakukan perhitungan berat material yang akan dierection untuk dapat menentukan kapasitas mobile crane yang akan digunakan.

Berikut tahapan-tahapan pekerjaan erection konstruksi baja sistem *pre-engineering building* :

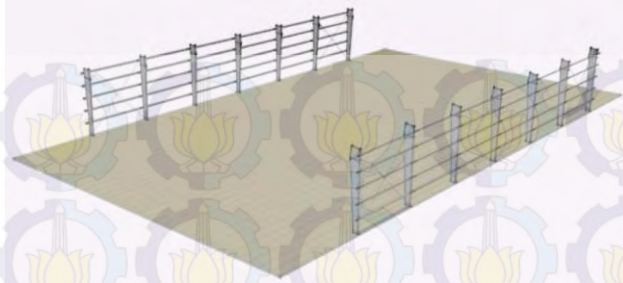
1. Erection kolom

Erection kolom menggunakan mobil mobile crane seperti pada gambar 4.9. Erection kolom diikuti dengan pemasangan regel dan ikatan angin agar tidak terjadi defleksi pada material kolom seperti yang digambarkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.9 Setting Kolom

Pada saat erection kolom, kolom harus di cek kelurusannya (alignment) menggunakan alat ukur kelurusan (lot).



Gambar 4.10 Setting Kolom, Regel dan Ikatan Angin

2. Erection Kuda-kuda

Tahapan selanjutnya erection kuda-kuda dilakukan menggunakan mobil mobile crane seperti pada gambar 4.11. Pada gambar tersebut menjelaskan pada saat erection kuda-kuda awal yang letaknya berada paling ujung atau biasa disebut kuda-kuda gewel, kuda-kuda harus diberi tahanan/support agar tidak terjadi defleksi pada material kuda-kuda.



Gambar 4.11 Setting Kuda – Kuda

Setelah kuda-kuda gewel terpasang, untuk pemasangan kuda-kuda berikutnya sampai terakhir, harus langsung diikuti dengan

pemasangan gording dan ikatan angin. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12 dan 4.13 berikut ini.



Gambar 4.12 Setting Kuda – Kuda, gording dan ikatan angin



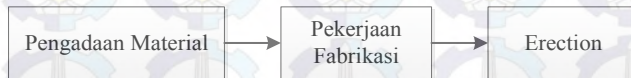
Gambar 4.13 Setting Kuda – Kuda, gording dan ikatan angin

Setelah Kolom dan kuda-kuda terpasang keseluruhan dan sudah dilakukan pengecekan untuk kelurusannya, maka tahapan berikutnya yaitu memasang atap dan dinding galvanis serta

asesoris-asesoris lainnya yang merupakan lingkup dari pekerjaan finishing.

4.2.2 Analisa Metode Pelaksanaan Konstruksi Baja Dengan Sistem Konvensional

Didalam analisa metode pelaksanaan konstruksi baja *sistem konvensional* ini, dijelaskan tahapan-tahapan pekerjaan konstruksi baja menggunakan *sistem* konvensional. Adapun tahapan-tahapan pekerjaan tersebut dapat dilihat pada diagram alir gambar 4.14 berikut ini.



Gambar 4.14 Diagram Alir Tahapan Pekerjaan Konstruksi Baja Sistem Konvensional

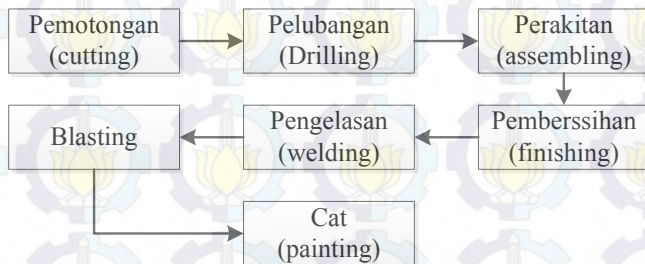
Adapun penjelasan dari diagram alir tahapan pekerjaan sistem konvensional pada gambar 4.16 berikut ini.

1. Pekerjaan Pengiriman Material

Didalam pekerjaan pembangunan konstruksi baja dengan *sistem konvensional*, pekerjaan pengadaan material baja biasa dilakukan oleh kontraktor pelaksana didalam suatu proyek dengan menunjuk *manufaktur* baja profil WF sebagai supplier baja untuk *sistem konvensional*. Kontraktor pelaksana melakukan pengadaan material baja profil hot rolled atau biasa disebut baja profil WF kelokasi proyek yang nantinya akan dilakukan fabrikasi dilokasi proyek.

2. Pekerjaan Fabrikasi

Pada tahapan pekerjaan fabrikasi baja sistem konvensional, fabrikasi baja dilakukan dilokasi proyek. Material baja yang merupakan baja profil WF dilakukan fabrikasi sesuai dengan desain yang sudah direncanakan sebelumnya, output dari proses fabrikasi ini berupa produksi komponen-komponen konstruksi baja sistem *konvensional* yaitu berupa kolom, kuda-kuda, gording dan item-item lainnya. Alur dari proses pekerjaan fabrikasi ini dijelaskan pada gambar 4.15 berikut ini:



Gambar 4.15 Diagram Alir Pekerjaan Pabrikasi

3. Pekerjaan Erection

Didalam pelaksanaan pekerjaan erection konstruksi baja sistem konvensional ini, sama halnya dengan *sistem pre-engineering building* ada beberapa hal yang perlu disiapkan, yaitu:

- Tersedianya mobil mobile crane dengan kapasitas angkut sesuai dengan kebutuhan yang merupakan alat berat untuk pelaksanaan pekerjaan erection
- Lokasi pekerjaan bersih dan level dengan kondisi kepadatan tanah cukup memenuhi untuk aktifitas mobile crane.
- Tersedianya ruang dan manuver yang cukup untuk kedatangan trailer yang mengangkut kontainer-kontainer berisikan material konstruksi baja.

- d. Tersedianya ruang untuk penempatan material dengan penataan yang rapi dan benar.
- e. Tersedianya peralatan pendukung pekerjaan yang terkait.
- f. Adanya proteksi untuk melindungi material konstruksi baja yang belum dierection.
- g. Tersedianya peralatan pendukung keselamatan kerja.
- h. Tenaga kerja erection konstruksi baja.

Pada pelaksanaan erection konstruksi baja *sistem konvensional* dilapangan, instalasi sambungan konstruksi baja menggunakan mur dan baut dan las. Adanya pekerjaan pengelasan dilapangan yang menjadi perbedaan dengan *sistem pre-engineering building*, dikarenakan pekerjaan pengelasan dilakukan secara keseluruhan di lokasi proyek yang membutuhkan tenaga yang cukup banyak, lahan yang besar dan waktu yang relatif lebih lama.

4.3 Analisa Biaya

Pada analisa biaya ini, perhitungan biaya di dapat setelah dilakukan perhitungan volume per item pekerjaan. Untuk menghitung hal tersebut dibutuhkan data seperti gambar rencana dari item pekerjaan.

4.3.1 Perhitungan Volume Konstruksi Baja Sistem Pre-Engineering Building.

Perhitungan volume dilakukan pada tiap-tiap item komponen bangunan konstruksi baja. Hasil perhitungan volume dari seluruh item material akan menjadi variabel dalam perhitungan rencana anggaran biaya.

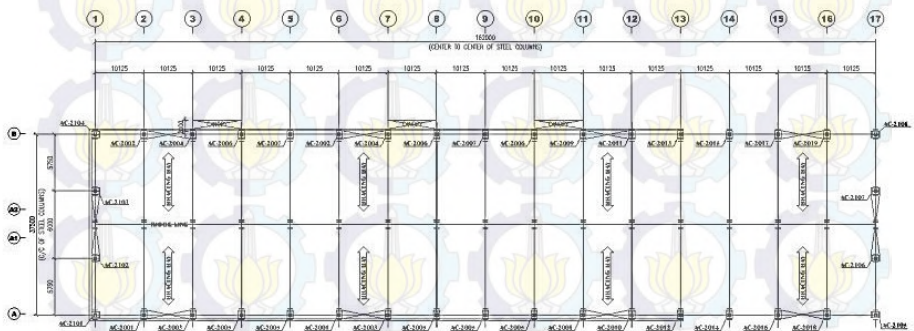
Dari desain *sistem pre-engineering building*, volume yang akan dihitung adalah volume berat material baja dari tiap-tiap item komponennya, yang kemudian akan diketahui total berat material

a. Volume Kolom

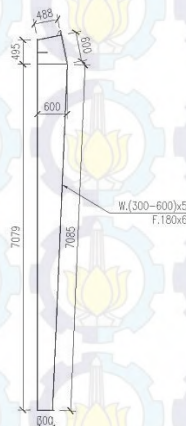
Gambar 4.16 dan 4.17 dibawah ini menjelaskan denah dan detail kolom yang akan dihitung volumenya.

a. Volume Kolom

Gambar 4.16 dan 4.17 dibawah ini menjelaskan denah dan detail kolom yang akan dihitung volumenya.



Gambar 4.16 Denah Kolom Sistem *Pre-Engineering* Building



Gambar 4.17 Detail Desain Kolom Sistem *Pre-Engineering Building*

Dari desain kolom pada gambar 4.17 akan dilakukan perhitungan volume sebagai berikut.

- Kolom tipe AC-2001:

plat badan = W. (300 - 600) x 5

plat Sayap = F. 180 x 6

$v = ((\text{luas plat badan} \times \text{tebal plat badan}) + (\text{luas plat sayap} \times \text{tebal plat sayap})) \times \text{bj baja}$

$v = ((3,67\text{m}^2 \times 0,005\text{m}) + (3,48\text{m}^2 \times 0,006\text{m})) \times 7850 \text{ kg/m}^3$
 $= 307,88 \text{ kg}$

$v \text{ total} = v \times \text{jumlah}$

$= 307,88 \text{ kg} \times 2$

$= 615,76 \text{ kg}$

➤ Volume kolom tipe AC-2001 = 615,76 kg

Dari perhitungan volume kolom didapat tabel 4.1 rekapitulasi perhitungan volume dari tiap-tiap item komponen kolom konstruksi baja sistem *pre-engineering building*.

Tabel 4.1

NO	TIPE	BERAT (Kg)	JUMLAH	TOTAL BERAT (kg)
1	AC-2001	307.88	2	615.76
2	AC-2002	308.13	2	616.26
3	AC-2003	307.88	2	615.76
4	AC-2004	320.65	2	641.30
5	AC-2005	304.98	5	1524.90
6	AC-2006	317.81	3	953.43
7	AC-2007	305.29	2	610.58
8	AC-2008	311.5	1	311.50
9	AC-2009	324.27	1	324.27
10	AC-2010	315.12	1	315.12
11	AC-2011	315.37	1	315.37
12	AC-2012	312.22	1	312.22
13	AC-2013	312.53	1	312.53
14	AC-2014	311.78	1	311.78
15	AC-2015	312.09	1	312.09
16	AC-2016	314.68	1	314.68
17	AC-2017	314.92	1	314.92
18	AC-2018	311.06	1	311.06
19	AC-2019	311.31	1	311.31
20	AC-2101	224.17	1	224.17
21	AC-2102	241.34	1	241.34
22	AC-2103	226.18	1	226.18
23	AC-2104	223.9	1	223.90
24	AC-2105	219.12	1	219.12
25	AC-2106	241.34	1	241.34
26	AC-2107	226.18	1	226.18
27	AC-2108	218.85	1	218.85
28	AC-2201	138.96	2	277.92
Volume Total (kg)				11443.84

Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Volume Kolom Sistem *Pre-Engineering Building*

b. Volume rafter

Gambar 4.18 dan 4.19 dibawah ini menjelaskan denah dan detail kolom yang akan dihitung volumenya.



- Kolom tipe AR-2001:
 - plat badan 1= W1. (300 - 600) x 5
 - plat Sayap 1= F1. 180 x 6
 - plat badan 2= W2. (300 - 600) x 5
 - plat Sayap 2= F2. 180 x 6

$$v = ((\text{luas plat badan1} \times \text{tebal plat badan1}) + (\text{luas plat sayap1} \times \text{tebal plat sayap1}) + (\text{luas plat badan2} \times \text{tebal plat badan2}) + (\text{luas plat sayap2} \times \text{tebal plat sayap2})) \times \text{bj baja}$$

$$v = ((2,5\text{m}^2 \times 0,005\text{m}) + (2,22\text{m}^2 \times 0,006\text{m}) + (0,99\text{m}^2 \times 0,005\text{m}) + (1,37\text{m}^2 \times 0,6\text{m})) \times 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$= 306,01 \text{ kg}$$

$$v \text{ total} = v \times \text{jumlah}$$

$$= 306,01 \text{ kg} \times 8$$

$$= 2448,06 \text{ kg}$$

➤ Volume total kolom tipe AR-2001 = 2448,06 kg

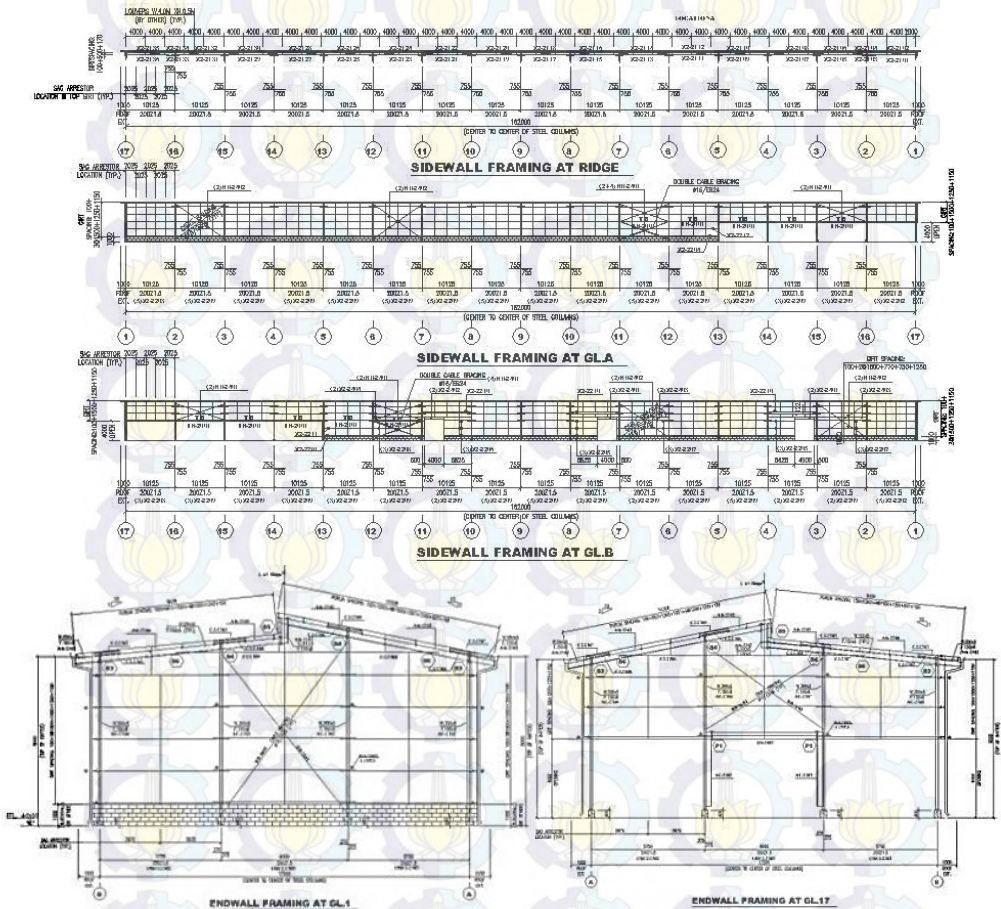
Dari perhitungan volume rafter didapati tabel 4.2 rekapitulasi perhitungan volume dari tiap-tiap item komponen rafter konstruksi baja sistem *pre-engineering building*.

NO	TIPE	BERAT (Kg)	JUMLAH	TOTAL BERAT (kg)
1	AR-2001	306.01	8	2448.08
2	AR-2002	298.92	8	2391.36
3	AR-2003	306.01	7	2142.07
4	AR-2004	298.92	7	2092.44
5	AR-2101	152.98	2	305.96
6	AR-2102	83.96	2	167.92
7	AR-2103	84.28	2	168.56
8	AR-2104	150.7	2	301.40
9	AR-2201	63.11	2	126.22
10	AR-2202	73.32	7	513.24
11	AR-2203	73.32	8	586.56
12	AR-2301	33.14	2	66.28
13	AR-2302	32.65	2	65.30
14	AR-2303	29.22	15	438.30
15	AR-2304	28.80	15	432.00
16	AR-2401	54.41	6	326.46
	Volume Total (kg)			12572.15

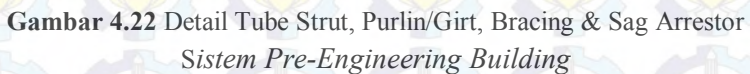
Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan Volume Kolom Sistem *Pre-Engineering Building*

c. Volume Tube Strut, Purlin/Girt, Bracing & Sag Arrestor

Gambar 4.20, 4.21 dan 4.22 dibawah ini menjelaskan denah dan detail kolom yang akan dihitung volumenya.



Gambar 4.20 Denah Tube Strut, Purlin/Girt, Bracing & Sag Arrestor pada dinding Sistem Pre-Engineering Building



43

- Tube Strut tipe TB-2001:

$$\text{Luas penampang (A)} = 0,0017 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang (L)} = 9,925 \text{ m}$$

$$v = A \times L \times B_j$$

$$v = 0,0017 \times 9,925 \times 7850$$

$$= 139,53 \text{ kg}$$

$$v_{\text{total}} = v \times \text{jumlah (n)}$$

$$= 139,53 \text{ kg} \times 8$$

$$= 1116,24 \text{ kg}$$

➤ Volume total tube strut tipe TB-2001 = 1116,24 kg

- Purlin/Girt (Z-section) tipe Z2-2001:

$$\text{Luas penampang (A)} = 0,000675 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang (L)} = 9,45 \text{ m}$$

$$v = A \times L \times B_j$$

$$v = 0,000675 \times 9,45 \times 7850$$

$$= 50,09 \text{ kg}$$

$$v_{\text{total}} = v \times \text{jumlah (n)}$$

$$= 50,09 \text{ kg} \times 8$$

$$= 400,72 \text{ kg}$$

➤ Volume total Purlin/Girt tipe Z2-2001 = 400,72 kg

- Bracing

Material bracing atau ikatan angin menggunakan wire rope atau biasa disebut dengan seling kawat baja. berikut tabel 4.3 berat material bracing yang digunakan pada bangunan konstruksi baja dengan *Sistem Pre-Engineering Building*.

NO	TIPE	BERAT (Kg)	JUMLAH	TOTAL BERAT (kg)
1	BR-1601	11.70	1	11.70
2	BR-1602	12.17	1	12.17
3	BR-1603	9.48	1	9.48
4	BR-1604	9.15	1	9.15
5	BR-2401	15.36	16	245.74
6	BR-2402	17.04	8	136.34
7	BR-2403	15.54	8	124.31
8	BR-2404	15.70	8	125.59
9	BR-2405	15.39	8	123.15
10	BR-2406	16.15	8	129.17
	Volume Total (kg)			926.82

Tabel 4.3 Perhitungan Volume Bracing Sistem *Pre-Engineering Building*

- Sag Arrestor (siku pengaku) tipe SA-2001:

Luas penampang (A) = 0,000075 m²

Panjang (L) = 1,476 m

$v = A \times L \times B_j$

$v = 0,000075 \times 1,476 \times 7850$

= 0,87 kg

$v \text{ total} = v \times \text{jumlah (n)}$

= 0,87 kg x 1306

= 1134,91 kg

➤ Volume total Sag Arrestor tipe SA-2001=1134,91 kg

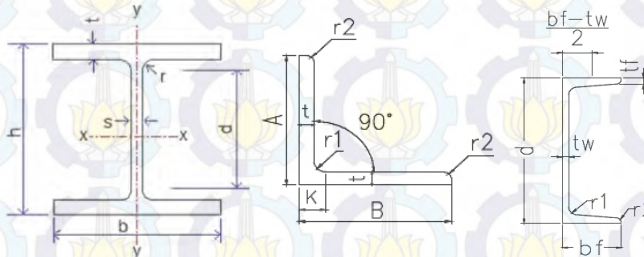
Dari perhitungan volume berat material konstruksi baja dengan *Sistem Pre-Engineering Building*, didapat volume total berat material konstruksi baja dari tiap-tiap komponen pada tabel 4.4.

No.	Pekerjaan	Volume	Satuan
1	Kolom	11443,84	kg
2	Rafter	12572,15	kg
3	Tube Strut	3115,62	kg
4	Purlin/Girt	32934,60	kg
5	Bracing	68,00	set
6	Sag Arrestor	1923,95	kg
7	Anchor	152,00	bh
8	Mur & Baut	780,00	kg
9	Shot Blast + Painting	34000,00	kg

Tabel 4.4 Total Volume Material Konstruksi Baja *Sistem Pre-Engineering Building*

4.3.2 Perhitungan Volume Konstruksi Baja Sistem Konvensional.

Pada desain bangunan konstruksi baja *sistem konvensional*, material konstruksi baja menggunakan baja profil atau biasa disebut baja hot rolled WF seperti pada gambar 4.23. Berikut kalkulasi volume berat material yang dihasilkan bangunan konstruksi baja *sistem konvensional*.



Gambar 4.23 Profil baja hot rolled pada komponen bangunan konstruksi baja *sistem konvensional*

a. Volume Kolom

- Tipe C1 : H-400X200X8X13

Berat profil (W) = 84,5 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang kolom (L) = 7,59 m

Jumlah kolom (n) = 56

$$\begin{aligned}\text{Berat kolom per unit} &= W \times L \\ &= 84,5 \times 7,59 \\ &= 501,06 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total kolom} &= 501,06 \times n \\ &= 501,06 \times 56 = 28089,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Volume Girder

- Tipe GX1/GY1 : H-200X100X5,5X8

Berat Profil (W) = 21,32 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang girder (L) = 8,77 m

Jumlah girder (n) = 35

$$\begin{aligned}\text{Berat kolom per unit} &= W \times L \\ &= 21,32 \times 8,77 \\ &= 187,03 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total kolom} &= 187,03 \times n \\ &= 187,03 \times 35 = 6596,05 \text{ kg}\end{aligned}$$

Tipe GX2/GY2 : H-150X75X5X7

- Berat Profil (W) = 14,01 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang girder (L) = 5,97 m

Jumlah girder (n) = 57

$$\begin{aligned}\text{Berat kolom per unit} &= W \times L \\ &= 14,01 \times 5,97 \\ &= 83,71 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total kolom} &= 83,71 \times n \\ &= 83,71 \times 57 = 4771,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Volume Beam

- Tipe BX1 : H-200X100X5,5X8

Berat Profil (W) = 21,32 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang beam (L) = 5,99 m

Jumlah beam (n) = 57

Berat beam per unit $= W \times L$
 $= 21,32 \times 5,99$
 $= 127,8 \text{ kg}$
Berat total beam $= 127,8 \times n$
 $= 127,8 \times 27 = 3450,06 \text{ kg}$

- Tipe BX1 : H-150X75X5X7

Berat Profil (W) = 14,01 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang beam (L) = 5,99 m

Jumlah beam (n) = 81

Berat beam per unit $= W \times L$
 $= 14,01 \times 5,99$
 $= 84 \text{ kg}$
Berat total beam $= 84 \times n$
 $= 84 \times 81 = 6804,00 \text{ kg}$

d. Volume Rafter

- Tipe RGY1 : H-300X150X6.5X9

Berat Profil (W) = 36,72 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang rafter (L) = 12 m

Jumlah rafter (n) = 56

Berat rafter per unit $= W \times L$
 $= 36,72 \times 12$
 $= 440,7 \text{ kg}$
Berat total rafter $= 440,7 \times n$
 $= 440,7 \times 56 = 24678,93 \text{ kg}$

- Tipe RBY1 : H-150X75X5X7

Berat Profil (W) = 14,01 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang rafter (L) = 3,26 m

Jumlah rafter (n) = 28

$$\begin{aligned}
 \text{Berat rafter per unit} &= W \times L \\
 &= 14,01 \times 3,26 \\
 &= 45,69 \text{ kg} \\
 \text{Berat total rafter} &= 45,69 \times n \\
 &= 45,69 \times 28 = 1279,32 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Volume Bracing

- Tipe HB1/VB1 : L-65X65X6
 Berat Profil (W) = 5,91 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)
 Panjang bracing (L) = 15,99 m
 Jumlah bracing (n) = 32

$$\begin{aligned}
 \text{Berat bracing per unit} &= W \times L \\
 &= 5,91 \times 15,99 \\
 &= 94,48 \text{ kg} \\
 \text{Berat total bracing} &= 94,48 \times n \\
 &= 94,48 \times 32 = 3023,52 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tipe HB2 : 2L-65X65X6
 Berat Profil (W) = 11,82 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)
 Panjang bracing (L) = 10,57 m
 Jumlah bracing (n) = 12

$$\begin{aligned}
 \text{Berat bracing per unit} &= W \times L \\
 &= 11,82 \times 10,57 \\
 &= 124,92 \text{ kg} \\
 \text{Berat total bracing} &= 124,92 \times 12 \\
 &= 124,92 \times 32 = 1499,01 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tipe HB3 : Round bar Ø-12
 Berat Profil (W) = 0,89 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)
 Panjang bracing (L) = 6,18 m
 Jumlah bracing (n) = 6

$$\begin{aligned}
 \text{Berat bracing per unit} &= W \times L \\
 &= 0,89 \times 6,18 \\
 &= 5,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total bracing} &= 5,5 \times 6 \\ &= 5,5 \times 6 = 33 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Tipe KB1 : C-150X75X6.5X10

Berat Profil (W) = 18,61 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang bracing (L) = 2,12 m

Jumlah bracing (n) = 6

$$\begin{aligned}\text{Berat bracing per unit} &= W \times L \\ &= 18.61 \times 2,12 \\ &= 39,46 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total bracing} &= 39,46 \times 6 \\ &= 39,46 \times 6 = 236,74 \text{ kg}\end{aligned}$$

f. Volume Purlin

- Tipe PR1 : LC-150X65X20X32

Berat Profil (W) = 7,52 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang total (L) = 2957,66 m

$$\begin{aligned}\text{Berat total bracing} &= W \times L \\ &= 7,52 \times 2192,28 = 22241.62 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Tipe GR1 : LC-150X65X20X32

Berat Profil (W) = 7,52 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang total (L) = 2192,28 m

$$\begin{aligned}\text{Berat total bracing} &= W \times L \\ &= 7,52 \times 2192,28 = 16485.95 \text{ kg}\end{aligned}$$

g. Volume Sagrod

- Tipe : Round bar Ø-12

Berat Profil (W) = 0,89 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang total (L) = 1834,27 m

$$\begin{aligned}\text{Berat total bracing} &= W \times L \\ &= 0,89 \times 1834,27 = 1632,50 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari perhitungan volume berat material konstruksi baja dengan *sistem konvensional*, didapat volume total berat material konstruksi baja dari tiap-tiap komponen pada tabel 4.5.

No.	Pekerjaan	Volume (kg)	Satuan
1	Kolom	28.089,60	kg
2	Girder	13.167,66	kg
3	Beam	10.254,60	kg
4	Rafter	25.958,37	kg
5	Bracing	4.792,06	kg
6	Purlin	22.241,62	kg
7	Girt	16.485,95	kg
8	Sagrod	1.632,50	kg
9	Connection Plate	12.100,21	kg
10	Anchor	264,00	bh
11	Mur & Baut		
	Baut M22	36,00	bh
	Baut M20	1.728,00	bh
	Baut M16	1.708,00	bh
	Mur M12	6.128,00	bh
12	Painting		
	Surface Preparation	4.041,68	m ²
	Prime Coat	4.041,68	m ²
	Intermediate Coat	4.041,68	m ²
	Finish Coat	4.041,68	m ²

Tabel 4.5 Total Volume Material Konstruksi Baja *Sistem Konvensional*

4.3.3 Rencana Anggaran Biaya.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan rekapitulasi biaya dari seluruh pekerjaan. RAB ini dihitung dengan cara mengalikan volume tiap-tiap item pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan yang telah ditentukan berdasarkan referensi harga satuan upah dan material dari dokumen penawaran pekerjaan konstruksi baja oleh kontraktor pelaksana Proyek Pembangunan Pabrik Fibre Cement Boards di Mojosari. Penawaran harga tersebut sudah termasuk biaya erection konstruksi bajanya.

Rencana Anggaran Biaya untuk masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 4.6 untuk *sistem pre-engineering building* Dan Tabel 4.7 untuk *sistem konvensional*.

No.	Pekerjaan	Volume	Sat	Harga (Rp.)		Total Biaya (Rp.)
				Upah	Material	
		(1)	(2)	(3)	(4)=[(1)*(2)]+[(1)*(3)]	
1	Kolom	11443,84	kg	1.018,06	18.834,06	227.184.441,85
2	Rafter	12572,15	kg	1.018,06	18.834,06	249.583.783,12
3	Tube Strut	3115,62	kg	1.018,06	18.834,06	61.851.690,09
4	Purlin/Girt	32934,60	kg	1.018,06	18.834,06	653.821.507,34
5	Bracing	68,00	set	10.180,57	152.708,59	11.076.462,80
6	Sag Arrestor	1923,95	kg	1.018,06	20.870,17	42.111.861,49
7	Anchor	152,00	bh	10.500,00	82.425,00	14.124.600,00
8	Mur & Baut	780,00	kg	1.018,06	20.870,17	17.072.819,96
9	Shot Blast + Painting	34000,00	kg		3.125,00	106.250.000,00
10	Transport ke job site					291.600.000,00
TOTAL						1.674.677.166,65

Tabel 4.6 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Baja *Sistem Pre-Engineering Building*

No.	Pekerjaan	Volume (kg)	Sat	Harga (Rp.)		Total Biaya (Rp.)
				Upah	Material	
		(1)		(2)	(3)	(4)=[(1)*(2)]+[(1)*(3)]
1	Kolom	28.089,60	kg	3.858,75	10.525,00	404.033.784,00
2	Girder	13.167,66	kg	3.858,75	10.525,00	189.400.329,53
3	Beam	10.254,60	kg	3.858,75	10.525,00	147.499.602,75
4	Rafter	25.958,37	kg	3.858,75	10.525,00	373.378.645,60
5	Bracing	4.792,06	kg	3.858,75	10.525,00	68.927.785,63
6	Purlin	22.241,62	kg	3.858,75	10.525,00	319.917.844,14
7	Girt	16.485,95	kg	3.858,75	10.525,00	237.129.812,08
8	Sagrod	1.632,50	kg	3.858,75	10.525,00	23.481.460,37
9	Connection Plate	12.100,21	kg	3.858,75	10.525,00	174.046.333,68
10	Anchor	264,00	bh	10.500,00	82.425,00	24.532.200,00
11	Mur & Baut					
	Baut M22	36,00	bh	525,00	11.182,50	421.470,00
	Baut M20	1.728,00	bh	525,00	6.300,00	11.793.600,00
	Baut M16	1.708,00	bh	525,00	4.725,00	8.967.000,00
	Mur M12	6.128,00	bh	525,00	2.625,00	19.303.200,00
12	Painting					
	Surface Preparation	4.041,68	m ²	2.625,00	3.150,00	23.340.683,22
	Prime Coat	4.041,68	m ²	5.250,00	13.125,00	74.265.810,26
	Intermediate Coat	4.041,68	m ²	5.250,00	7.875,00	53.047.007,33
	Finish Coat	4.041,68	m ²	5.250,00	6.825,00	48.803.246,74
13	Transport Ke job site					67.361.279,14
	TOTAL					2.269.651.094,46

Tabel 4.7 Rencana Anggaran Biaya Konstruksi Baja *Sistem Konvensional*

4.4 Analisa Waktu

Untuk menghitung waktu pelaksanaan perlu diketahui produktivitas dari alat yang digunakan dan kebutuhan pekerja per item pekerjaan.

4.4.1 Waktu Pelaksanaan Bangunan Konstruksi Baja *Sistem Pre-Engineering Building*

Analisa waktu pelaksanaan pada bangunan konstruksi baja *sistem pre-engineering building* dibagi menjadi beberapa tahapan pekerjaan berikut ini.

1. Pekerjaan Pra-Pabrikasi

Pada pekerjaan ini, fabrikasi konstruksi baja dilakukan di workshop dengan menggunakan mesin produksi baja tempered. Proses fabrikasi dilakukan oleh manufaktur konstruksi baja *sistem pre-engineering building* dengan engineering service centre yang menyediakan komponen standar produk untuk standar struktur baja. Dengan menggabungkan mesin-mesin CNC yang merupakan mesin fabrikasi baja, didapatkan rangkaian proses fabrikasi menggunakan mesin produksi CNC yang dilakukan di workshop sebagai berikut:

1. Pemotongan (cutting)
2. Penempaan (bending)
3. Pencoakan (notching)
4. Pelubangan (drilling)
5. Pembengkokan (bending)
6. Perakitan (assembling)
7. Pembersihan (finishing)
8. Pengelasan (welding)
9. Shot blasting
10. Cat (painting)

Dari rangkaian pekerjaan pra-pabrikasi didapatkan kapasitas produksi didalam manufaktur konstruksi baja tersebut sebesar 48000 ton per tahun. Berikut perhitungan waktu pekerjaan fabrikasi konstruksi baja *sistem pre-engineering building*.

- Kapasitas produksi = 48000 ton/th
- Kapasitas produksi per hari = 4800 ton / 365 hr
= 13,15 ton / hr
= 13.150 kg/hr

Volume kebutuhan konstruksi baja *sistem pre-engineering building*.

- Volume = 62.770,16 kg
- Waktu pekerjaan pabrikasi = Vol. / Kapasitas produksi/hr
 $= 62.770,16 \text{ kg} / 13.150 \text{ kg/hr}$
 $= 4,77 \text{ hr} \approx 5 \text{ hr}$

2. Pekerjaan Pengiriman Material

Pada pekerjaan pengiriman material ini dihitung waktu pengiriman material mulai dari material yang sudah di fabrikasi di workshop dan dikirim sampai tiba di lokasi proyek. Pada tahapan pekerjaan ini wajib dilakukan analisa waktu dikarenakan workshop manufaktur baja yang berada di Vietnam, pengadaan material konstruksi baja *sistem pre-engineering building* dilakukan oleh kontraktor dengan mengimpor material konstruksi baja sampai tiba di lokasi untuk kemudian dilakukan tahapan pekerjaan erection.

Berdasarkan analisa waktu pelaksanaan pekerjaan material dilapangan, berikut tabel 4.8 tahapan dan perhitungan waktu pekerjaan pengiriman material.

No.	Pekerjaan	Waktu
1	Pemuatan material ke kontainer di workshop	1 hr
2	Transportasi darat ke pelabuhan	1 hr
3	Pemuatan material ke kapal + Custom Clearance di pelabuhan Ho Chi Minh City	5 hr
4	Transportasi laut (shipment)	14 hr
5	Pembongkaran material + Custom Clearance di pelabuhan Surabaya	7 hr
6	Transportasi darat ke lokasi proyek	1 hr
7	Pembongkaran material di lokasi proyek	1 hr
	Total	30 hr

Tabel 4.8 Analisa Waktu Pengiriman Material Konstruksi Baja
Sistem Pre-Engineering Building

Dari analisa waktu pengiriman material konstruksi baja *sistem pre-engineering building* pada tabel 4.8 di dapati total waktu pekerjaan pengiriman material selama 30 hari.

3. Pekerjaan Erection

Analisa waktu pada pekerjaan erection dilakukan untuk mengetahui nilai produktivitas dan durasi. Pada analisa ini dilakukan melalui pengamatan dilapangan. Pertimbangan lain yang mendasari penggunaan pengamatan lapangan adalah karena data yang didapatkan lebih akurat sesuai dengan kondisi lapangan.

Pada pekerjaan erection ini, alat berat yang digunakan berupa 1 unit mobile crane. Berikut direncanakan material bangunan yang paling berat dan paling tinggi untuk menentukan spesifikasi mobile crane dalam pekerjaan erection.

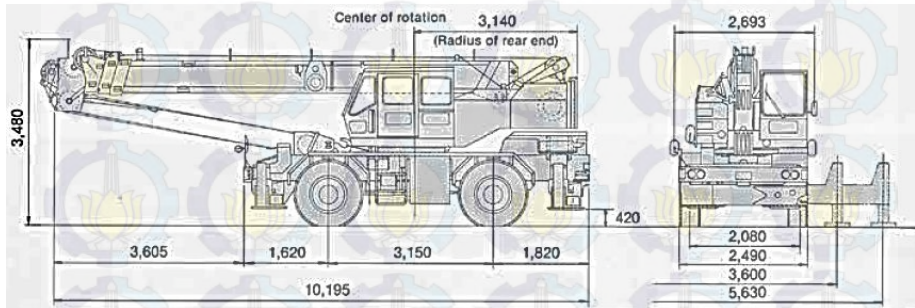
Data bangunan:

- Tinggi kolom = 8 m
- Tinggi rafter = 9,55 m
- Berat rafter (1 frame) = 604,93 kg
- Berat 1 kolom = 324,27 kg

Spesifikasi mobile crane:

- Merk/Type = Kobelco
- Model = RK 200
- Kapasitas Angkat Max = 20 Ton x 3,5 m
- Gerakan perubahan sudut boom = 0° - 80°
- Waktu gerakan perubahan sudut boom = 5,2 dtk (0° - 80°)
= $1^{\circ} = 0,0011$ min
- Waktu gerakan perubahan panjang (teleskopik) boom = 99 dtk/17,61 m
= 10,67 m/min
- Kecepatan main hoist line (6 part line) :
 - High = 86,6 m/min (3rd layer)
 - Low = 43,4 m/min (3rd layer)

- Panjang boom max = 25,8 m
- Kecepatan swing = 3,5 rpm = 1260°/min
- Kecepatan mobile crane (travelling) = 45 km/jm



Gambar 4.24 Dimensi Mobile Crane Kobelco Tipe RK-200
(Sumber : Katalog Mobile Crane Kobelco Tipe RK-200)

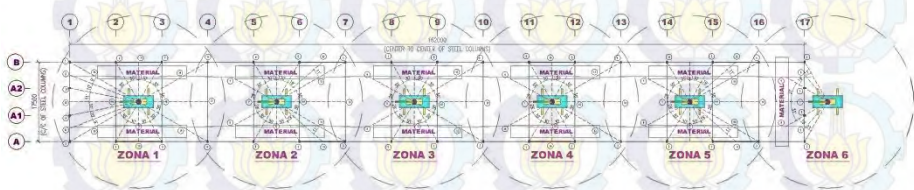
Gambar 4.24 menjelaskan dimensi mobile crane Kobelco tipe RK-200 yang digunakan untuk erection material konstruksi baja sistem *pre-engineering building*.

Dikarenakan material rafter merupakan item material yang tertinggi dan terberat, yaitu dengan berat 604,93 kg dan tinggi elevasi 9,55 m, maka direncanakan posisi mobile crane saat erection untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan memaksimalkan kapasitas mobile crane, berikut lay out mobilitas mobile crane untuk pekerjaan erection.

Direncanakan :

- Panjang boom = 25,8 m
- Tinggi boom dari lantai = 16,7 m
- Kapasitas mobile crane = 1450 kg (Tabel kapasitas mobile crane)
- Radius mobile crane = 20 m (Tabel kapasitas mobile crane)

Dari data perencanaan diatas, didapat layout mobilitas mobile crane untuk pekerjaan erection pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Layout Mobilitas Mobile Crane Untuk Erection Konstruksi Baja Sistem Pre-Engineering Building

Dalam pelaksanaan erection konstruksi baja ini, perhitungan waktu pelaksanaan erection dihitung berdasarkan banyaknya volume material dan material yang akan diangkat. Material yang akan dierection adalah kolom, rafter, tube strut dan purlin

Waktu pengangkatan oleh mobile mobile crane dihitung berdasarkan jarak tempuh dan frekuensi alat melakukan pulang pergi dan waktu untuk bongkar muat, dimana waktu tersebut tergantung berdasarkan waktu Hoisting dan Swing.

Dengan asumsi faktor waktu kerja efektif dalam kondisi baik dengan nilai efisiensi kerja 0,83 dan faktor – faktor keterampilan kerja operator dan crew rata – rata baik dengan efisiensi kerja

adalah 0,75, yang mempengaruhi produksi dari alat mobile crane tersebut dalam melakukan pekerjaannya, maka :

- Kecepatan hoisting = $86,6 \text{ m/min} \times 0,83 \times 0,75$
= 53,91 m/min
- Kecepatan swing = $3,5 \text{ rpm} \times 0,83 \times 0,75$
= 2,18 rpm = 2,18 rev/menit

Adapun contoh perhitungan kapasitas mobile crane untuk kebutuhan erection material bangunan konstruksi baja *sistem pre-engineering building* berikut ini.

a. Erection kolom as A/1

- Tinggi kolom = 8 m
- Berat kolom = 324,27 kg
- Jarak mobile crane dari kolom = 20
- Panjang boom = 25,8 m
- Tinggi boom dari lantai = 16,7 m > 8 m (OK)
- Kapasitas mobile crane = 1450 kg (Tabel kapasitas mobile crane)
- Berat kolom < Daya dukung mobile crane
323,27 kg < 1450 kg (OK)

b. Erection rafter as A-B/1

- Tinggi rafter = 9,55 m
- Berat rafter = 604,93 kg
- Jarak mobile crane dari rafter = 6,947 m
- Panjang boom = 14,06 m
- Tinggi boom dari lantai = 13,8 m > 9,55 m (OK)
- Kapasitas mobile crane = 9700 kg (Tabel kapasitas mobile crane)
- Berat kolom < Daya dukung mobile crane
604,93 kg < 9700 kg (OK)

c. Erection tube strut as A/2-3

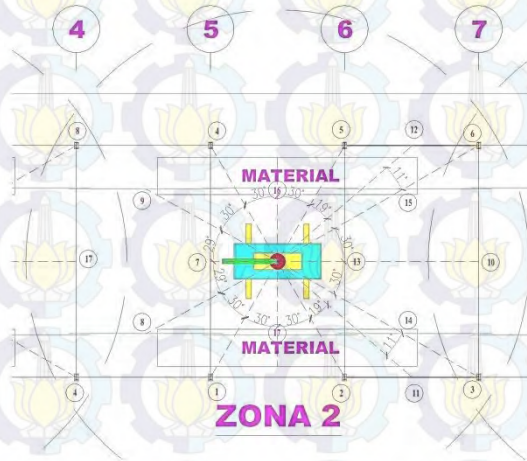
- Tinggi tube strut = 8 m
- Berat tube strut = 139,6 kg (max)
- Jarak mobile crane dari tube strut = 20 m (max)
- Panjang boom = 25,8 m
- Tinggi boom dari lantai = 16,7 m > 8 m (OK)
- Kapasitas mobile crane = 1450 kg (Tabel kapasitas mobile crane)
- Berat kolom < Daya dukung mobile crane
- 139,6 kg < 1450 kg (OK)

d. Erection Purlin as A-A1/1-2

- Tinggi purlin = 9,55 m (max)
- Berat purlin = 927,92 kg (18 bh)
- Jarak mobile crane dari purlin = 10,87 m
- Panjang boom = 19,93 m
- Tinggi mobile crane + boom = 18 m > 9,55 m (OK)
- Kapasitas mobile crane = 4550 kg (Tabel kapasitas mobile crane)
- Berat kolom < Daya dukung mobile crane
- 927,92 kg < 4550 kg (OK)

Dari perhitungan pembagian zona mobilitas mobile crane dan kapasitas mobile crane, dapat diketahui komposisi dan mekanisme kerja mobile crane serta diikuti dengan pengamatan waktu pekerjaan dilapangan sebagai dasar perhitungan waktu siklus mobile crane pada pekerjaan erection material bangunan konstruksi baja *sistem pre-engineering building*.

Berikut ini contoh perhitungan waktu pekerjaan erection kolom dan rafter pada Zona 2 dengan siklus kerja mobile crane pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Siklus mobile crane pada pekerjaan erection material konstruksi baja sistem *pre-engineering building* zona 2

Erection Kolom As A/5

- Persiapan (t1) = mobilitas + jacking time
= 15 min
- Pengangkatan (t2) = Swing + tinggi angkat /
kec. angkat
= $(90/1260) + (8 / 53,91)$
= 0,22 min
- Pengangkutan / swing (t3) = jarak / kec. + 0,5 (gerakan
lengan boom)
= $30 / 1260 + 0,5 = 0,52$ min

- Perletakan kolom (t4) = 5 min
- Pemasangan baut (t5) = 5 min
- Lag time (t6) = 10 min
- Waktu total (s1) = $t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6$
 $= 10 + 0,22 + 0,52 + 5 + 5 + 5$
 $= 35,74 \text{ menit}$

Erection Rafter As A-B/5

- Pengangkatan (t1) = Swing + tinggi angkat /
kec. angkat
 $= (60/1260) + (9,55 / 53,91)$
 $= 0,22 \text{ min}$
- Pengangkutan / swing (t2) = jarak / kec. + 0,5 (gerakan
lengan boom)
 $= 90 / 1260 + 0,5$
 $= 0,57 \text{ min}$
- Perletakan rafter (t3) = 5 min
- Pemasangan baut (t4) = 10 min
- Lag time (t5) = 5 min
- Waktu total (s7) = $t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6$
 $= 10 + 0,22 + 0,52 + 5 + 5 + 5$
 $= 35,74 \text{ menit}$
 $= 25,80 \text{ min}$

Dari rumus perhitungan waktu erection kolom as A/5 didapat perhitungan waktu dari tiap-tiap material konstruksi baja yang dierection pada zona 2 berikut ini.

- Kolom As A/5	= 35,74 min
- Kolom As A/6	= 20,70 min
- Kolom As A/7	= 20,72 min
- Kolom As B/5	= 20,77 min
- Kolom As B/6	= 20,70 min
- Kolom As B/7	= 20,72 min
- Rafter As A-B/5	= 25,80 min
- Purlin As A-A1/4-5	= 15,80 min
- Purlin As A2-B/4-5	= 15,82 min
- Rafter As A-B/7	= 25,80 min
- Tube strut As A/6-7	= 25,76 min
- Tube strut As B/6-7	= 25,79 min
- Rafter As A-B/6	= 25,79 min
- Purlin As A-A1/6-7	= 15,80 min
- Purlin As A2-B/6-7	= 15,82 min
- Purlin As A2-B/5-6	= 15,72 min
- Purlin As A-A1/5-6	= 15,82 min

Dari perhitungan waktu pekerjaan erection didapat total durasi pekerjaan erection material konstruksi baja *sistem pre-engineering building* dengan menggunakan mobile crane pada zona 2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Total durasi zona 1} &= 363,05 \text{ min} \\ &= 6,05 \text{ jam}\end{aligned}$$

Setelah diketahui total durasi dari siklus erection dengan mobile mobile crane di zona 1, maka akan dilanjutkan untuk perhitungan waktu pekerjaan di zona-zona selanjutnya yang terdapat pada lampiran. berikut rekapitulasi perhitungan waktu pekerjaan erection material konstruksi baja *sistem pre-engineering building* dengan mobile crane pada tabel 4.9 berikut ini.

Zona	Waktu (menit)
1	533,38
2	363,05
3	311,53
4	362,83
5	363,05
6	206,53
Total (menit)	2140,38
Total (Jam)	35,67
Total (Hari)	4,46
Pembulatan (Hari)	5,00

Tabel 4.9 rekapitulasi perhitungan waktu pekerjaan erection material konstruksi baja *Sistem Pre-Engineering Building*

Didapat total durasi waktu pekerjaan konstruksi baja *sistem pre-engineering building* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total Durasi Waktu} &= \text{Waktu Pabrikasi} + \text{Pengiriman Material} \\
 &\quad + \text{Waktu Erection} \\
 &= 5 \text{ hari} + 30 \text{ hari} + 5 \text{ hari} \\
 &= 40 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

4.4.2 Waktu Pelaksanaan Bangunan Konstruksi Baja Sistem konvensional

Analisa waktu pelaksanaan pada bangunan konstruksi baja sistem konvensional dibagi menjadi beberapa tahapan pekerjaan berikut ini.

1. Pekerjaan Pabrikasi

Pada pekerjaan ini, pabrikasi material utama konstruksi baja sistem konvensional yang merupakan baja profil atau baja WF dilakukan langsung di lapangan. Berdasarkan pengamatan dan survey dilapangan. Dari pekerjaan fabrikasi dilapangan, diperoleh nilai koefisien waktu pekerjaan fabrikasi dengan rincian pekerja sebagai berikut.

Koefisien waktu pekerjaan = 40,18 kg/jm

- 1 tukang las
- 1 tukang blender
- 1 tukang gerinda
- 1 tukang cat

Total volume berat material konstruksi baja sistem konvensional = 134.722,56 kg. waktu pekerjaan 8 jam/hari.

Direncanakan :

Koefisien waktu pekerjaan = 241,54 kg/jm, dengan

- 6 tukang las
- 6 tukang blender
- 6 tukang gerinda
- 6 tukang cat

Durasi waktu pekerjaan = $134.722,56 \text{ kg} / 241,54 \text{ kg/jam}$
= 557,77 kg/jam
= 69,72 hr \approx 70 hr

2. Pekerjaan Pengiriman Material

Pada pekerjaan pengiriman material konstruksi baja *sistem konvensional*, berdasarkan hasil survey dilapangan, kontraktor pelaksana melakukan pengadaan material baja profil dengan volume yang besar pada pabrikan baja di Indonesia seperti PT. Krakatau Steel dan PT. Gunung Garuda. Lokasi pabrikan baja berada di Jakarta.

Berdasarkan analisa waktu pelaksanaan pekerjaan material dilapangan, berikut tabel 4.10 tahapan dan perhitungan waktu pekerjaan pengiriman material konstruksi baja *sistem konvensional*.

No.	Pekerjaan	Waktu	
1	Pemuatan material ke kontainer di workshop	1	hr
2	Transportasi darat ke lokasi proyek	1	hr
3	Pembongkaran material di lokasi proyek	1	hr
	Total	3	hr

Tabel 4.10 Analisa Waktu Pengiriman Material Konstruksi Baja *Sistem konvensional*

Dari analisa waktu pengiriman material konstruksi baja *sistem pre-engineering building* pada tabel 4.10 di dapati total waktu pekerjaan pengiriman material selama 3 hari.

3. Pekerjaan Erection

Analisa waktu pada pekerjaan erection bangunan konstruksi baja *sistem konvensional* ini dilakukan untuk mengetahui nilai produktivitas dan durasi pekerjaan. Sama halnya dengan pekerjaan erection bangunan konstruksi baja *sistem pre-engineering building*, alat berat yang digunakan juga berupa 1 unit mobile crane merk Kobelco tipe RK-200 dengan spesifikasi yang sama pula dengan *sistem pre-engineering building*.

Berikut direncanakan material bangunan yang paling berat dan paling tinggi untuk menentukan spesifikasi mobile crane dalam pekerjaan erection.

Data bangunan:

- Tinggi kolom = 8 m
- Tinggi rafter = 9,55 m
- Berat rafter (1 frame) = 881,39 kg
- Berat 1 kolom = 501,60 kg

Dikarenakan material rafter merupakan item material yang tertinggi dan terberat, yaitu dengan berat 881,39 kg dan tinggi elevasi 9,55 m, maka direncanakan posisi mobile crane saat erection untuk mengoptimalkan waktu kerja d

engan memaksimalkan kapasitas mobile crane, berikut lay out mobilitas mobile crane untuk pekerjaan erection.

Direncanakan :

- Panjang boom = 25,8 m
- Tinggi boom dari lantai = 16,7 m
- Kapasitas mobile crane = 1450 kg (Tabel kapasitas mobile crane)
- Radius mobile crane = 20 m (Tabel kapasitas mobile crane)

Dari data perencanaan diatas, didapat layout mobilitas mobile crane untuk pekerjaan erection pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Layout Mobilitas Mobile Crane Untuk Erection
Konstruksi Baja Sistem konvensional

Dengan asumsi faktor waktu kerja efektif dalam kondisi baik dengan nilai efisiensi kerja 0,83 dan faktor – faktor keterampilan kerja operator dan crew rata – rata baik dengan efisiensi kerja adalah 0,75, yang mempengaruhi produksi dari alat mobile crane tersebut dalam melakukan pekerjaannya, maka :

- Kecepatan hoisting $= 86,6 \text{ m/min} \times 0,83 \times 0,75$
 $= 53,91 \text{ m/min}$
- Kecepatan swing $= 3,5 \text{ rpm} \times 0,83 \times 0,75$
 $= 2,18 \text{ rpm} = 2,18 \text{ rev/menit}$

Adapun contoh perhitungan kapasitas mobile crane untuk kebutuhan erection material zona 1 bangunan konstruksi baja sistem konvensional berikut ini.

1. Erection kolom as A/1

- Tinggi kolom $= 8 \text{ m}$
- Berat kolom $= 501,60 \text{ kg}$
- Jarak mobile crane dari kolom $= 17,37$
- Panjang boom $= 25,80 \text{ m}$
- Tinggi boom dari lantai $= 16,7 \text{ m} > 8 \text{ m (OK)}$
- Kapasitas mobile crane $= 2100 \text{ kg}$ (Tabel kapasitas mobile crane)
- Berat kolom $<$ Daya dukung mobile crane
- $501,60 \text{ kg} < 2100 \text{ kg (OK)}$

2. Erection rafter as A-B/1

- Tinggi rafter $= 9,55 \text{ m}$
- Berat rafter $= 881,39 \text{ kg}$
- Jarak mobile crane dari rafter $= 6,947 \text{ m}$
- Panjang boom $= 25,80 \text{ m}$
- Tinggi boom dari lantai $= 13,8 \text{ m} > 9,55 \text{ m (OK)}$

- Kapasitas mobile crane = 2650 kg (Tabel kapasitas mobile crane)

Berat kolom < Daya dukung mobile crane
604,93 kg < 2650 kg (OK)

3. Erection beam as A1-A2/1-2

- Tinggi beam = 9,55 m
- Berat beam = 127,8 kg (max)
- Jarak mobile crane dari beam = 12,7 m (max)
- Panjang boom = 25,8 m
- Tinggi boom dari lantai = 16 m > 9,55 m (OK)
- Kapasitas mobile crane = 3850 kg (Tabel kapasitas mobile crane)

Berat kolom < Daya dukung mobile crane
139,6 kg < 3850 kg (OK)

4. Erection Purlin as A2-B/1-2

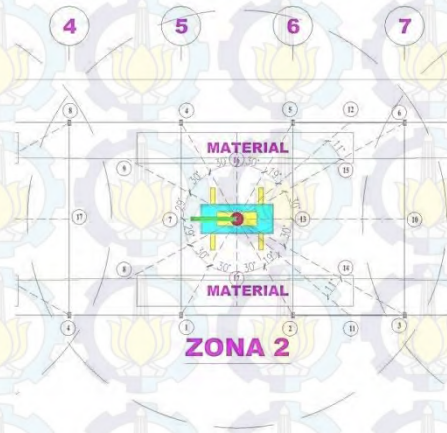
- Tinggi purlin = 9,55 m (max)
- Berat purlin = 406,08 kg (9 bh)
- Jarak mobile crane dari purlin = 12,7 m
- Panjang boom = 25,8 m
- Tinggi mobile crane + boom = 16 m > 9,55 m (OK)
- Kapasitas mobile crane = 3850 kg (Tabel kapasitas mobile crane)

Berat kolom < Daya dukung mobile crane
406,08 kg < 4550 kg (OK)

Dari perhitungan pembagian zona mobilitas mobile crane dan kapasitas mobile crane, dapat diketahui komposisi dan mekanisme kerja mobile crane serta diikuti dengan pengamatan waktu pekerjaan dilapangan sebagai dasar perhitungan waktu siklus

mobile crane pada pekerjaan erection material bangunan konstruksi baja *sistem konvensional*.

Berikut ini contoh perhitungan waktu pekerjaan erection kolom dan rafter pada Zona 2 dengan siklus kerja mobile crane pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Siklus mobile crane pada pekerjaan erection material konstruksi baja *sistem konvensional* zona 2

Erection Kolom As A/7

- Persiapan (t1) = mobilitas + jacking time
= 15 min
- Pengangkatan (t2) = Swing + tinggi angkat /
kec. angkat
= $(90/1260) + (8 / 53,91)$
= 0,22 min
- Pengangkutan / swing (t3) = jarak / kec. + 0,5 (gerakan
lengan boom)
= $46 / 1260 + 0,5$
= 0,54 min
- Perletakan kolom (t4) = 5 min

- Pemasangan baut (t5) = 5 min
- Lag time (t6) = 10 min
- Waktu total (s1) = $t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6$
 $= 15 + 0,22 + 0,52 + 5 + 5 + 5$
 $= 35,76 \text{ menit}$

Erection Rafter As A-B/7

- Pengangkatan (t1) = $\text{Swing} + \text{tinggi angkat} / \text{kec. angkat}$
 $= (60/1260) + (9,55 / 53,91)$
 $= 0,22 \text{ min}$
- Pengangkutan / swing (t2) = $\text{jarak} / \text{kec.} + 0,5 \text{ (gerakan lengan boom)}$
 $= 90 / 1260 + 0,5 = 0,57 \text{ min}$
- Perletakan rafter (t3) = 5 min
- Pemasangan baut (t4) = 10 min
- Lag time (t5) = 5 min
- Waktu total (s7) = $t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6$
 $= 0,22 + 0,52 + 5 + 10 + 5$
 $= 25,80 \text{ min}$

Dari rumus perhitungan waktu pekerjaan erection didapat total durasi pekerjaan erection material konstruksi baja *sistem konvensional* dengan menggunakan mobile crane pada gambar 4.10 sebagai berikut.

Zona	Waktu (menit)	
1	1377,21	
2	1185,00	
3	1184,82	
4	1216,62	
5	1184,82	
6	593,98	
Total (menit)		6742,45
Total (Jam)		112,37
Total (Hari)		14,05
Pembulatan (Hari)		15,00

Tabel 4.11 rekapitulasi perhitungan waktu pekerjaan erection material konstruksi baja *Sistem Konvensional*.

Didapat total durasi waktu pekerjaan konstruksi baja *sistem konvensional* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total Durasi Waktu} &= \text{Waktu Pabrikasi} + \text{Pengiriman} \\
 &\quad \text{Material} + \text{Waktu Erection} \\
 &= 70 \text{ hari} + 3 \text{ hari} + 5 \text{ hari} \\
 &= 78 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perbandingan dari segi biaya dan waktu dari bangunan konstruksi baja dengan menggunakan *sistem pre-engineering building* dan *sistem konvensional* yang di analisa, maka didapatkan hasil pendekatan biaya dan waktu seperti tertera di bawah ini.

- a. Dari analisa perhitungan biaya dan waktu bangunan konstruksi baja *sistem pre-engineering building* didapatkan biaya sebesar Rp. 1.674.677.166,65 dengan waktu 40 hari.
- b. Dari analisa perhitungan biaya dan waktu bangunan konstruksi baja *sistem konvensional* didapatkan biaya sebesar Rp. 2.269.651.094,- dengan waktu 78 hari.

Kesimpulan : Dipilih metode *pre-engineering building* dikarenakan lebih efisiensi dari segi biaya lebih murah dan waktu lebih cepat dibanding dengan metode konvensional.

5.2 Saran

Dari kesimpulan diatas, untuk pekerjaan bangunan konstruksi baja *sistem pre-engineering building* disarankan kepada owner atau investor dan kontraktor sebagai berikut.

1. Bagi owner atau kontraktor yang belum berpengalaman dengan prosedur impor material kedalam negeri, disarankan untuk mempelajari dengan teliti setiap prosedur pengimporan material ke dalam negeri, agar

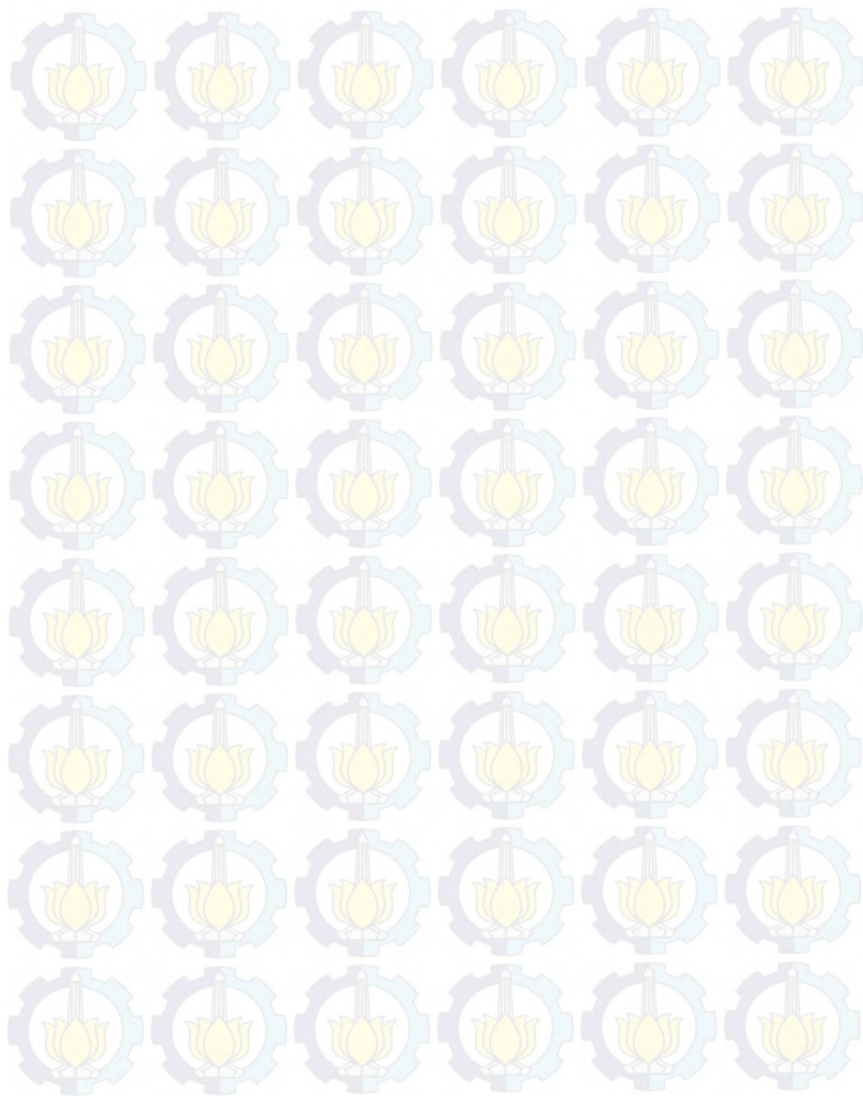
supaya tidak terjadi kekacauan dalam kepabeanaan yang berdampak pada waktu dan biaya.

2. Mempelajari UUD Kepabeanaan, agar supaya mengetahui besarnya nilai pajak impor material kedalam negeri, dimana didapati bea masuk anti dumping yang diatur dalam Pasal 19 (1) UU Kepabeanaan No.10 Tahun 1995 yang menyatakan bahwa bea masuk anti dumping yang dikenakan terhadap barang impor adalah setinggi-tingginya sebesar selisih antara nilai normal dengan harga ekspor dari barang tersebut. Bea Masuk Antidumping tersebut merupakan tambahan dari Bea Masuk yang dipungut berdasarkan Pasal 12 ayat (1), yakni bea tambahan dari tariff impor (bea masuk) berdasarkan tarif setinggi-tingginya 40 % (empat puluh persen) dari nilai pabeaan.
3. Bangunan konstruksi baja *sistem pre-engineering building* sudah mulai banyak dikembangkan oleh manufaktur-manufaktur konstruksi baja *sistem pre-engineering building* di Negara Indonesia. Hal ini bisa menjadi pertimbangan untuk membandingkan dengan mengimpor material konstruksi baja dengan desain serupa.
4. Pada tahapan erection dibutuhkan tenaga kerja yang berpengalaman dalam menangani pekerjaan erection bangunan konstruksi baja dengan *sistem pre-engineering building*.

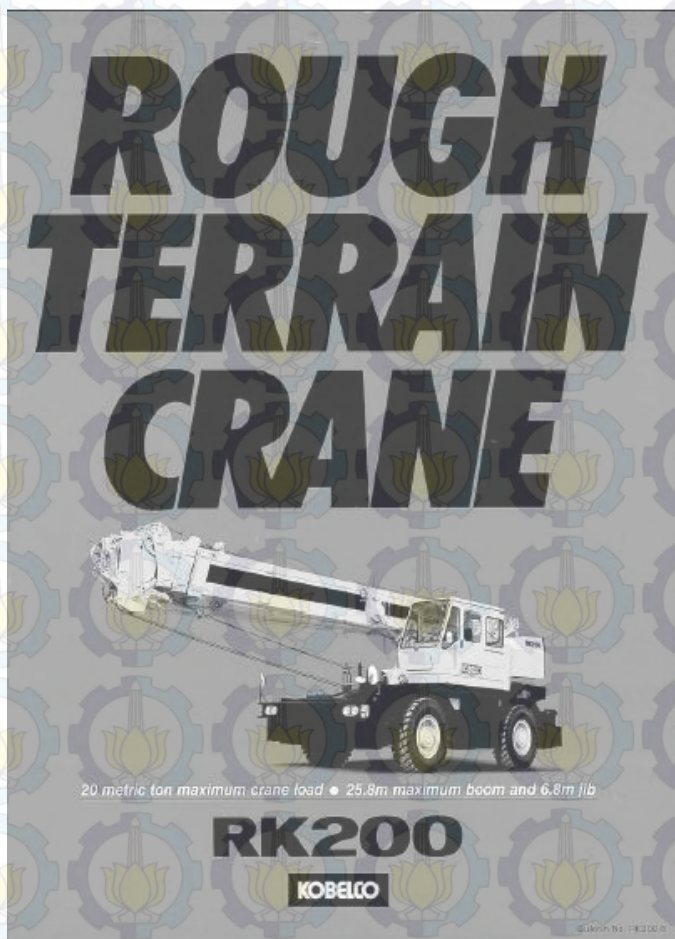
DAFTAR PUSTAKA

- Gunung Steel Group. (2010-2013). **Pre-Engineering Building System.** (<http://www.gunungsteel.com/>) (<http://gentabaja.blogspot.com/>).
- PEB Steel Buildings. 2011. **Erection Manual Book and Pre-Engineering Building System.** (<http://www.pebsteel.com/>)
- Rekayasa Engineering. 2013. **Konsultan Perencana Konstruksi Baja Sistem Konvensional.** Jakarta: Rekayasa Engineering.
- Rostiyanti,Susi Fatena.2008. **Alat Berat untuk Proyek Konstruksi.** Jakarta: Rineka Cipta.
- Widianti Irika, dan Lenggogeni. 2013. **Manajemen Konstruksi.** Bandung: Rosda
- KobelcoProduct Catalog. 2015. **Katalog mobile crane tipe RK-200.** (http://www.kobelco-cranes.com/en/product_w_crane_old).
- UUD Kepabeanan. 1995. **Pasal 19 (1) UU Kepabeanan No.10 Tahun 1995**

LAMPIRAN



TABEL DAYA DUKUNG MOBILE CRANE



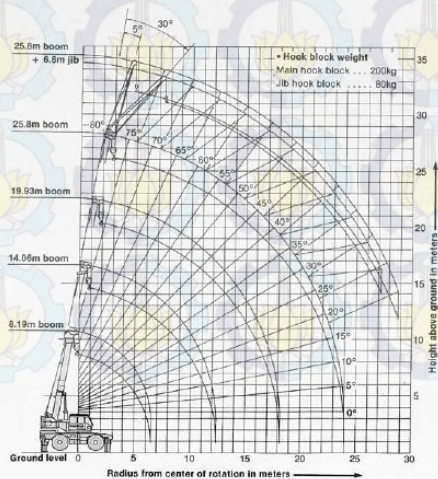
AXLE LOADINGS

	Front	Rear	GVW
With jib	11,425kg	11,425kg	22,850kg
Without jib	11,035kg	11,565kg	22,600kg

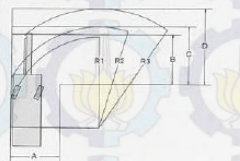
PERFORMANCE

Max. rated lifting capacity	20 metric ton x 3.5m	
Boom length	8.19 – 25.8m	
Twist jib length	6.8m	
Boom derricking angle	0° – 80°	
Boom derricking time	52 sec. (0° – 80°)	
Boom telescoping time	99 sec./17.61m	
Main hoist line speed (6 part line)	High	86.6 m/min (3rd layer)
	Low	43.4 m/min (3rd layer)
Aux. hoist hook speed (Single part line)	High	86.6 m/min (3rd layer)
	Low	43.4 m/min (3rd layer)
Swing speed	3.5 rpm	
Max. travel speed	45 km/h	
Gradeability	tan θ	0.6

Working Ranges

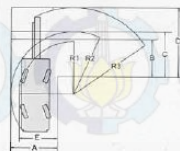


Minimum 90° road width



• 2-wheel steering

R1 = Wheel turning radius	8.30m
R2 = Vehicle turning radius	6.30m
R3 = Boom turn radius	10.70m
A = Road width at entrance	4.91m
B = Road width at exit for wheels	4.91m
C = Road width at exit for vehicle	5.20m
D = Road width at exit for boom	6.70m



• 4-wheel steering

R1 = Wheel turning radius	4.82m
R2 = Vehicle turning radius	5.72m
R3 = Boom turning radius	7.72m
A = Road width at entrance	4.80m
B = Road width at exit for wheels	3.41m
C = Road width at exit for vehicle	4.80m
D = Road width at exit for boom	6.80m
E = Road width at entrance allowing for rear swing	3.41m

Lifting Capacities

RATED LOADS IN KGS

With outriggers fully extended to 5.53m centers—360° work areas										With outriggers mid-extended to 3.6m centers—360° work areas									
Operating radius in Meters	Main Boom				Auxiliary Sheave		25.80m Boom + 6.8m Jib			Operating radius in Meters	Main Boom				Auxiliary Sheave		6.19m + 14.06m Boom		
	8.19m Boom	14.06m Boom	19.93m Boom	25.80m Boom	8.19m + 19.93m Boom	25.80m Boom	Boom Angle	Offset 5°	Offset 30°		8.19m Boom	14.06m Boom	19.93m Boom	25.80m Boom	8.19m + 14.06m Boom	19.93m Boom	25.80m Boom		
3.0	20,000	16,000			3,000		80°	3,000		3.0	20,000	16,000			3,000				
3.5	20,000	16,000	9,000		3,000		75°	3,000	1,500	3.5	17,500	16,000	9,000		3,000	3,000			
4.0	18,500	15,500	9,000		3,000		72°	3,000	1,500	4.0	15,000	14,000	9,000		3,000	3,000			
4.5	18,500	14,200	9,000	6,800	3,000	3,000	70°	2,800	1,350	4.5	11,550	11,350	9,000	6,800	3,000	3,000	3,000		
5.0	15,000	13,100	9,000	6,800	3,000	3,000	68°	2,400	1,250	5.0	9,550	9,250	9,000	6,800	3,000	3,000	3,000		
5.5	13,700	12,100	9,000	6,800	3,000	3,000	66°	2,100	1,200	5.5	8,090	7,250	8,200	6,800	3,000	3,000	3,000		
6.0	12,500	11,200	9,000	6,800	3,000	3,000	65°	1,800	1,150	6.0	6,850	6,250	6,750	6,800	3,000	3,000	3,000		
6.5	11,500	10,400	8,500	6,800	3,000	3,000	60°	1,500	1,100	6.5	5,900	5,450	5,800	6,200	3,000	3,000	3,000		
7.0		9,700	8,000	6,800	3,000	3,000	45°	1,200	1,050	7.0		4,750	5,100	5,700	3,000	3,000	3,000		
8.0		7,500	7,100	6,100	3,000	3,000	40°	950	950	8.0		3,800	4,050	4,300	3,000	3,000	3,000		
9.0		6,000	6,300	5,500	3,000	3,000	35°	750	750	9.0		2,850	3,300	3,500	2,850	3,000	3,000		
10.0		4,900	5,400	4,900	3,000	3,000	30°	600	600	10.0		2,250	2,650	2,900	2,950	2,900	2,700		
11.0		4,100	4,550	4,400	3,000	3,000	25°	500		11.0		1,750	2,200	2,450	2,550	2,600	2,250		
12.0		3,350	3,900	4,200	3,000	3,000	20°	400		12.0		1,450	1,800	2,000	1,250	1,800	1,800		
13.0			3,350	3,500	3,000	3,000				13.0			1,500	1,700		1,350	1,500		
14.0			2,850	3,050	2,800	3,000				14.0			1,300	1,450		1,100	1,250		
15.0			2,500	2,650	2,300	2,500				15.0			1,050	1,250		850	1,050		
16.0			2,150	2,400	1,500	2,300				16.0				850	1,000		650	800	
17.0			1,850	2,100	1,550	1,900				17.0				650	800		500	600	
18.0			1,600	1,800	1,450	1,600				18.0				500	650		350	500	
19.0				1,600		1,450				19.0					550			400	
20.0				1,450		1,250				20.0									
22.0				1,150		950				22.0									
24.0				850		650				24.0									
											Minimum Angle			30°					

Without Outriggers																
Main Boom																
Operating Radius in Meters	6.19m Boom				14.06m Boom				19.93m Boom				25.80m Boom			
	Over Front (w/2° of center)	360°	Over Front (w/2° of center)	360°	Over Front (w/2° of center)	360°	Over Front (w/2° of center)	360°	Over Front (w/2° of center)	360°	Over Front (w/2° of center)	360°	Over Front (w/2° of center)	360°	Over Front (w/2° of center)	360°
	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)	Station-ary	Pick & Carry (under 5km/h)
3.0	11,450	6,000	7,600	5,350	8,100	5,650	6,650	4,650								
3.5	10,000	7,000	6,950	4,650	8,100	5,650	6,650	4,650	5,700	4,000	3,800	2,850				
4.0	8,950	6,250	6,500	3,900	8,100	5,650	6,650	4,650	5,700	4,000	3,800	2,850				
4.5	8,000	5,550	4,550	3,200	7,450	5,200	4,300	3,000	5,700	4,000	3,800	2,850				
5.0	7,250	5,050	3,700	2,550	6,650	4,650	3,500	2,450	5,700	4,000	3,800	2,850	3,600	2,500	2,500	1,700
5.5	6,300	4,400	3,150	2,200	5,900	4,100	3,000	2,100	5,250	3,650	3,250	2,250	3,600	2,500	2,500	1,700
6.0	5,500	3,850	2,650	1,850	5,150	3,550	2,500	1,750	4,850	3,400	2,850	2,000	3,600	2,500	2,500	1,700
6.5	4,550	3,200	2,300	1,550	4,450	3,100	2,150	1,500	4,450	3,100	2,500	1,700	3,600	2,500	2,500	1,700
7.0					3,900	2,700	1,800	1,250	4,100	2,850	2,150	1,500	3,500	2,450	2,300	1,550
8.0					3,050	2,100	1,250		3,450	2,350	1,600	1,100	3,100	2,150	1,800	1,250
9.0					2,450	1,700	850		2,750	1,900	1,200		2,600	1,800	1,350	
10.0					1,950	1,350	550		2,300	1,600	850		2,300	1,600	1,050	
11.0					1,500	1,050			1,900	1,300	650		2,000	1,400	750	
12.0					1,200				1,500	1,050			1,700	1,200		
13.0									1,250	850			1,450	1,000		
14.0									1,050				1,250			
15.0									850				1,050			
16.0													850			
17.0													700			
Minimum Angle (Deg. Rad)					15° (11.92°)	25° (11.10°)	45° (9.32°)	25° (16.42°)	35° (14.69°)	50° (11.19°)	55° (9.62°)	40° (18.14°)	50° (14.97°)	60° (11.29°)	65° (9.30°)	

TABEL PROFIL BAJA

		Sifat Mekanis Baja Struktural				$\alpha = \sqrt{\frac{I_x}{I_y}}$		$Z_x = \frac{t_w d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) * r$											
		Jenis	f_u (Mpa)	f_y (Mpa)	$\beta = \sqrt{\frac{I_y}{I_x}}$	$Z_y = \frac{t_f d^2}{2} + (h - 2t_f) * \frac{t_w^2}{4}$													
		B/34	340	210															
		B/37	370	240															
		B/41	410	250															
		B/50	50	290															
		B/55	51	410															
		**Tabel 8.3.2 SNI 63-1729-2002				**PPBRI 1984 Chapter 18.													
Sectional Dimension							Sectional Properties												
d	x	bf	tw	tf	r	H2	Sec of Area	Unit Weight	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)		Radius of Gyration of Area (cm)		Elastic Modulus of Section (cm ³)		Plastic Modulus of Section (cm ³)		Compact Section Criteria		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	Ix	Iy	ix	iy	Sx	Sy	Zx	Zy	b _f /2t _f	h/t _w	
WF	100	x	50	5.0	7.0	8.0	70.0	11.85	9.30	187	15	3.97	1.13	37	6	42	9	3.57	14.00
	100	100	6.0	8.0	10.0	64.0	21.90	17.19	383	134	4.18	2.47	77	27	84	41	6.25	10.67	
WF	125	x	60	6.0	8.0	9.0	91.0	16.84	13.22	413	29	4.95	1.31	66	10	74	15	3.75	15.17
	125	125	6.5	9.0	10.0	87.0	30.31	23.79	847	293	5.29	3.11	136	47	149	71	6.94	13.38	
WF	150	x	75	5.0	7.0	8.0	120.0	17.85	14.01	666	49	6.11	1.66	89	13	98	21	5.38	24.00
	148	x	100	6.0	9.0	11.0	108.0	26.8	21.07	1020	151	6.16	2.37	138	30	150	46	5.56	18.00
	150	x	150	7.0	10.0	11.0	108.0	40.1	31.51	1640	563	6.39	3.75	219	75	240	114	7.50	15.43
WF	175	x	90	5.0	8.0	9.0	141.0	23.1	18.09	1210	98	7.25	2.06	138	22	152	33	5.63	28.20
	175	175	7.5	11.0	12.0	129.0	51.2	40.20	2880	984	7.50	4.38	329	112	360	171	7.95	17.20	
WF	198	x	99	4.5	7.0	11.0	162.0	23.2	18.20	1580	114	8.26	2.22	160	23	170	35	7.07	36.00
	200	x	100	5.5	8.0	11.0	162.0	27.2	21.32	1840	134	8.23	2.22	184	27	200	41	6.25	29.45
	194	x	150	6.0	9.0	13.0	150.0	39.0	30.62	2690	507	8.30	3.61	277	58	296	103	8.33	25.00
WF	200	x	200	8.0	12.0	13.0	150.0	63.53	49.87	4720	1600	8.62	5.02	472	160	513	243	8.33	18.75
	248	x	124	5.0	8.0	12.0	208.0	32.68	25.65	3540	255	10.41	2.79	285	41	305	63	7.75	41.60
	250	x	125	6.0	9.0	12.0	208.0	37.66	29.56	4050	294	10.37	2.79	324	47	352	72	6.94	34.67
	244	x	175	7.0	11.0	16.0	190.0	56.24	44.15	6120	984	10.43	4.18	502	112	535	171	7.95	27.14
WF	250	x	250	9.0	14.0	16.0	190.0	92.18	72.36	10800	3650	10.82	6.29	864	292	937	442	8.93	21.11
	298	x	149	5.5	8.0	13.0	256.0	40.80	32.03	6320	442	12.45	3.29	424	59	455	91	9.31	46.55
	300	x	150	6.5	9.0	13.0	256.0	46.78	36.72	7210	508	12.41	3.30	481	68	522	104	8.33	39.38
	294	x	200	8.0	12.0	18.0	234.0	72.38	56.82	11300	1600	12.49	4.70	769	160	823	244	8.33	29.25
	300	x	300	10.0	15.0	18.0	234.0	119.80	84.04	20400	6750	13.05	7.51	1360	450	1465	682	10.00	23.40
	300	305	15.0	15.0	18.0	234.0	134.80	105.82	21500	7100	12.63	7.26	1433	466	1577	713	10.17	15.80	

Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis	f_u (Mpa)	f_y (Mpa)
B/34	340	210
B/37	370	240
B/41	410	250
B/50	50	290
B/55	51	410

$$\alpha = \sqrt{\frac{I_x}{I_y}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{I_y}{I_x}}$$

$$Z_x = \frac{t_w d^2}{4} + (b_f - t_w) * (d - t_f) * r$$

$$Z_y = \frac{t_f d^2}{2} + (h - 2r_x) * \frac{t_w^2}{4}$$

Sectional Dimension


d	x	bf	tw	tf	r	H2	Sec of Area	Unit Weight
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m
WF 346	x	174	6.0	9.0	14.0	300.0	52.68	41.35
		350	x	175	7.0	11.0	14.0	300.0
		340	x	250	9.0	14.0	20.0	272.0
		350	x	350	12.0	19.0	20.0	272.0
WF 396	x	199	7.0	11.0	16.0	342.0	72.16	56.65
		400	x	200	8.0	13.0	16.0	342.0
		390	x	300	10.0	16.0	22.0	314.0
		400	x	400	13.0	21.0	22.0	314.0
WF 450	x	200	9.0	14.0	18.0	386.0	96.76	75.96
		440	x	300	11.0	18.0	24.0	356.0
WF 496	x	199	9.0	14.0	20.0	428.0	101.30	79.52
		500	x	200	10.0	16.0	20.0	428.0
		482	x	300	11.0	15.0	26.0	400.0
		488	x	300	11.0	18.0	26.0	400.0
WF 596	x	199	10.0	15.0	22.0	522.0	120.50	94.59
		600	x	200	11.0	17.0	22.0	522.0
		582	x	300	12.0	17.0	28.0	492.0
		588	x	300	12.0	20.0	28.0	492.0
WF 700	x	300	13.0	24.0	28.0	586.0	215.50	184.87
WF 800	x	300	14.0	26.0	28.0	692.0	267.40	209.91
WF 900	x	300	16.0	28.0	28.0	788.0	309.80	243.19

Sectional Properties

Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)		Radius of Gyration of Area (cm)		Elastic Modulus of Section (cm ³)		Plastic Modulus of Section (cm ³)		Compact Section Criteria	
Ix	Iy	ix	iy	Sx	Sy	Zx	Zy	b _f /2t _f	h/t _w
11100	792	14.52	3.88	642	91	689	139	9.67	50.00
13600	984	14.68	3.95	777	112	841	172	7.95	42.86
21700	3650	14.62	6.00	1276	292	1360	444	8.93	30.22
40300	13600	15.22	8.84	2303	777	2493	1175	9.21	22.67
20000	1450	16.65	4.48	1010	146	1088	222	9.05	48.86
23700	1740	16.79	4.55	1185	174	1286	266	7.69	42.75
38700	7210	16.87	7.28	1985	481	2116	729	9.38	31.40
66600	22400	17.45	10.12	3330	120	3600	1695	9.52	24.15
33500	1870	18.61	4.40	1489	187	1621	289	7.14	42.89
56100	8110	18.88	7.18	2550	541	2728	822	8.33	32.36
41900	1840	20.34	4.26	1690	185	1836	287	7.11	47.56
47800	2140	20.46	4.33	1912	214	2096	332	6.25	42.80
60400	6760	20.37	6.82	2506	451	2663	689	1.000	36.36
71000	8110	20.84	7.04	2910	541	3100	824	8.33	36.36
68700	1980	23.88	4.05	2305	198	2535	311	6.63	52.00
77600	2280	24.03	4.12	2587	228	2863	357	5.88	47.45
103000	7670	24.30	6.63	3540	511	3782	785	8.82	41.00
118000	9020	24.76	6.85	4014	601	4309	920	7.50	41.00
201000	10800	30.54	7.08	5743	720	6249	1108	6.25	45.85
292000	11700	33.05	6.61	7300	780	7995	1207	5.77	49.43
411000	12600	36.42	6.38	9133	840	10174	1314	5.36	49.25

Table 6.3.2 SNI 03-1729-2002

***PBIR 1914 Chapter 10

										Note:									
Sectional Dimension						Sectional Properties													
A	B	t	K	r1	r2	Center of grav. (c)	Sec. of Area cm ²	Unit Weight kg/m	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)				Radius of Gyration of Area (cm)				Modulus of Section (cm ³)		
x	x	mm	mm	mm	mm				ix	iy	iz	ix	iy	iz	ix	iy	Sx	Si	
L 25 x 25	3.0	7.0	4.0	2.0	0.70	1.43	1.12	0.30	0.33	1.26	0.75	0.48	0.34	0.45	0.33	0.71			
L 30 x 30	3.0	7.0	4.0	2.0	0.84	1.75	1.36	1.42	0.59	1.26	0.91	0.58	1.14	0.66	0.50	1.07			
L 40 x 40	3.0	7.5	4.5	2.0	1.08	2.34	1.84	3.55	1.46	1.60	1.23	0.79	1.53	1.21	0.95	1.98			
	4.0	10.0	6.0	3.0	1.12	3.08	2.42	4.48	1.87	7.12	1.21	0.78	1.52	1.55	1.18	2.52			
	5.0	9.5	4.5	3.0	1.17	3.76	2.95	5.42	2.25	8.59	1.20	0.77	1.51	1.92	1.36	3.04			
L 45 x 45	4.0	10.5	6.5	3.0	1.24	3.49	2.74	6.50	2.70	10.30	1.36	0.88	1.72	1.99	1.94	3.24			
	5.0	11.5	6.5	3.0	1.28	4.30	3.30	7.91	3.29	12.50	1.36	0.87	1.70	2.46	1.82	3.82			
L 50 x 50	4.0	10.5	6.5	3.0	1.37	3.89	3.05	9.08	3.78	14.40	1.35	0.98	1.92	2.50	1.94	4.07			
	5.0	11.5	6.5	3.0	1.41	4.80	3.77	11.10	4.58	17.50	1.52	0.99	1.91	3.09	2.30	4.95			
	6.0	12.5	6.5	4.5	1.44	5.64	4.43	12.60	5.23	20.00	1.49	0.96	1.88	3.54	2.57	5.68			
L 60 x 60	4.0	10.5	6.5	3.0	1.61	4.69	3.60	16.00	6.82	25.40	1.85	1.19	2.33	3.64	2.91	5.99			
	5.0	11.5	6.5	3.0	1.66	5.80	4.55	19.60	8.09	31.20	1.84	1.18	2.32	4.52	3.45	7.35			
	6.0	14.0	8.0	4.0	1.69	6.91	5.42	22.80	9.28	36.24	1.82	1.09	2.09	5.29	3.46	8.54			
L 65 x 65	5.0	13.5	8.5	3.0	1.77	6.37	5.00	25.30	10.50	40.10	1.99	1.25	2.51	5.35	4.19	8.72			
	6.0	14.5	8.5	4.0	1.81	7.53	5.91	29.40	12.20	46.60	1.98	1.27	2.49	6.27	4.77	10.14			
	8.0	16.5	8.5	6.0	1.88	9.76	7.66	36.80	15.30	58.30	1.94	1.25	2.44	7.97	5.75	12.68			
L 70 x 70	6.0	14.5	8.5	4.0	1.93	8.13	6.38	37.10	13.30	58.90	2.14	1.37	2.69	7.32	5.81	11.90			
	7.0	16.0	9.0	4.5	1.97	9.40	7.38	42.40	17.64	67.01	2.12	1.37	2.67	8.43	6.33	13.54			
L 75 x 75	6.0	14.5	8.5	4.0	2.06	8.75	6.85	46.10	19.00	73.20	2.30	1.48	2.90	8.47	6.32	13.80			
	8.0	18.0	10.0	5.0	2.13	11.50	9.03	58.90	24.51	93.41	2.26	1.46	2.83	10.97	8.14	17.61			
	8.0	17.5	8.5	6.0	2.17	12.69	9.96	64.40	26.70	102.00	2.25	1.49	2.84	12.08	8.70	19.23			
	12.0	20.5	8.5	6.0	2.29	15.56	13.00	81.90	34.50	129.00	2.22	1.44	2.79	15.72	10.65	24.32			
L 80 x 80	6.0	14.5	8.5	4.0	2.18	9.35	7.32	56.40	21.20	89.60	2.46	1.70	3.10	9.36	7.83	15.84			
	8.0	18.0	10.0	5.0	2.26	12.30	9.66	72.30	29.55	115.17	2.42	1.55	3.06	12.92	9.25	20.36			
L 90 x 90	6.0	16.0	10.0	5.0	2.42	10.55	8.28	80.70	33.40	128.00	2.77	1.78	3.48	12.56	9.76	20.11			
	7.0	17.0	10.0	5.0	2.46	12.22	9.59	93.00	38.30	148.00	2.76	1.77	3.46	14.22	11.01	23.26			
	9.0	20.0	10.0	5.5	2.54	15.50	12.17	116.00	48.01	184.49	2.74	1.76	3.45	17.96	13.37	28.99			
	10.0	20.0	10.0	7.0	2.57	17.00	13.35	125.00	51.70	199.00	2.71	1.74	3.42	19.44	14.22	31.27			
	13.0	23.0	10.0	7.0	2.69	21.71	17.04	156.00	65.30	248.00	2.68	1.73	3.38	24.72	17.17	36.97			
L 100 x 100	7.0	17.0	10.0	5.0	2.71	13.62	10.69	129.00	32.20	205.00	3.08	1.98	3.88	17.00	15.86	26.99			
	8.0	18.0	10.0	7.0	2.75	15.47	12.14	146.00	38.82	234.09	3.07	1.99	3.89	20.14	15.13	33.11			
	10.0	20.0	10.0	7.0	2.82	19.00	14.92	175.00	72.00	278.00	3.03	1.95	3.83	24.87	18.05	39.32			
	13.0	23.0	10.0	7.0	2.94	24.31	19.08	220.00	91.10	348.00	3.01	1.94	3.78	31.16	21.91	49.21			
L 120 x 120	8.0	20.0	12.0	5.0	3.24	18.76	14.75	258.00	106.00	410.00	3.71	2.33	4.46	25.45	23.13	48.32			
	11.0	24.0	13.0	6.5	3.36	24.00	19.94	341.00	140.27	542.15	3.66	2.31	4.62	39.47	29.72	63.89			
	12.0	25.0	13.0	6.5	3.40	27.50	21.59	388.00	151.87	581.90	3.66	2.35	4.60	42.79	31.78	68.58			
L 130 x 130	9.0	21.0	12.0	6.0	3.33	22.74	17.85	366.00	150.00	383.00	4.01	2.57	5.06	38.85	30.05	63.40			
	12.0	24.0	12.0	8.5	3.64	29.76	23.36	467.00	192.00	743.00	3.96	2.54	5.00	49.89	37.30	80.83			
	15.0	27.0	12.0	8.5	3.76	36.75	28.85	568.00	234.00	902.00	3.93	2.52	4.95	61.47	44.01	98.12			
L 150 x 150	12.0	26.0	14.0	7.0	4.14	34.77	27.29	740.00	304.00	1180.00	4.61	2.96	5.83	68.14	51.92	111.27			
	15.0	29.0	14.0	10.0	4.24	42.74	33.55	888.00	365.00	1410.00	4.56	2.92	5.74	82.53	60.57	132.94			
	19.0	33.0	14.0	10.0	4.40	53.38	41.90	1090.00	451.00	1730.00	4.52	2.91	5.69	102.83	72.46	163.11			
L 175 x 175	12.0	27.0	15.0	11.0	4.75	40.52	31.81	1170.00	480.00	1660.00	5.37	3.44	6.78	91.82	71.76	150.31			
	15.0	30.0	15.0	11.0	4.85	50.21	39.41	1440.00	589.00	2290.00	5.36	3.43	6.77	113.83	85.87	185.06			
L 200 x 200	13.0	32.0	17.0	12.0	5.46	57.75	45.33	2180.00	891.00	3470.00	6.14	3.93	7.73	146.93	115.38	245.37			
	20.0	37.0	17.0	12.0	5.87	76.00	59.66	2820.00	1160.00	4480.00	6.09	3.91	7.69	196.76	144.66	317.48			
	25.0	42.0	17.0	12.0	5.86	93.75	73.59	3420.00	1410.00	5420	6.04	3.88	7.60	241.87	170.14	383.25			
L 250 x 250	20.0	49.0	24.0	12.0	7.10	119.40	83.73	6957.000	2860.00	11000	7.63	4.89	9.60	388.27	284.83	623.23			
	35.0	59.0	24.0	18.0	7.45	162.60	127.64	9110.00	3790.00	14400	7.49	4.83	9.41	519.09	359.72	814.98			

BIODATA PENULIS



Rahmat Kurniawan Eka Putra, dilahirkan di Surabaya, 13 Desember 1988, merupakan anak pertama dari 3 (tiga) bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK dan SD Khadijah Surabaya, SMPN 32 Surabaya, dan SMA IPIEMS Surabaya. Setelah lulus SMA pada tahun 2007, penulis melanjutkan kuliah D3 di ITS dengan mengambil jurusan Teknik Sipil dan lulus pada tahun 2011. Setelah lulus dari D3, penulis sempat bekerja selama beberapa tahun di beberapa perusahaan kontraktor jasa konstruksi. Kemudian melanjutkan kuliah ke program Sarjana Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS angkatan 2013 Genap dan terdaftar dengan NRP 3112106052. Bagi para pembaca yang ingin menghubungi atau bertanya kepada penulis dapat mengirim pesan melalui e-mail rk.ekaputra@yahoo.co.id